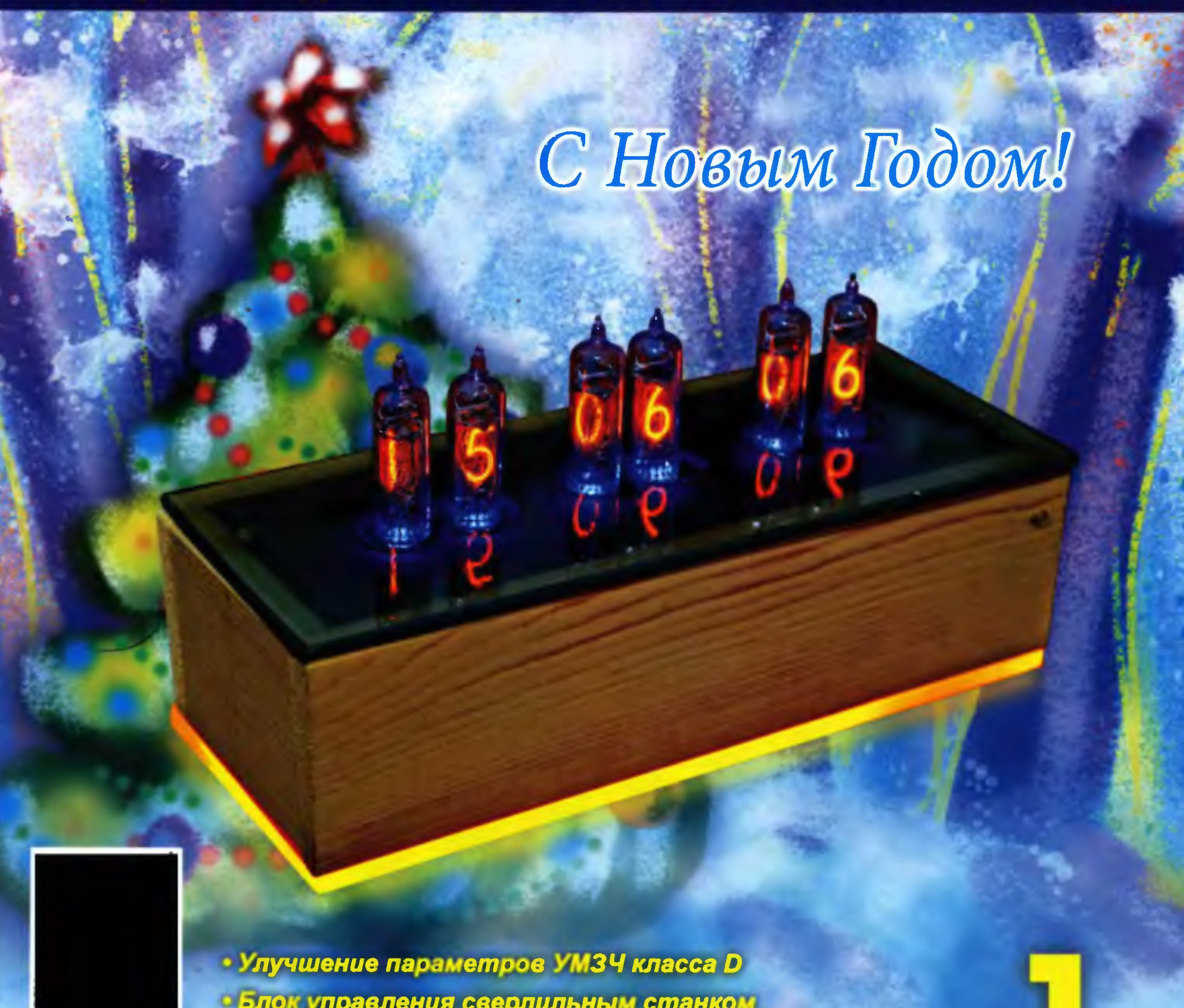
www.radio.ru

1•2016

РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ



- Улучшение параметров УМЗЧ класса D
- Блок управления сверлильным станком
- Антенный усилитель
- Индикатор освещённости

...и ещё 15 конструкций

[redacted]

1
2016

Развитие УКВ-техники связи в предвоенный период

Виктор МАЛЬЦЕВ (RU3AL), г. Москва



Владимир Иванович Немцов.

Читающей публике нашей страны, в частности, старшему её поколению, Владимир Иванович Немцов известен как писатель-фантаст, написавший в послевоенные годы немало интересных научно-фантастических произведений. Но далеко не все из них знают, что в довоенные годы и годы войны он внёс заметный вклад в развитие отечественной радиотехники.

В этой статье сделана попытка обобщить разрозненные сведения об истории развития любительской и профессиональной УКВ-радиосвязи в период 30—40-х гг. прошлого века. Радиолюбителям, несомненно, будет интересен также рассказ об ультракоротковолновых радиостанциях, стоявших на вооружении Красной Армии накануне Великой Отечественной войны и обеспечивших радиосвязь в войсках в начальный её период. И, конечно, об их создателе, радиолюбителе и инженере Владимире Ивановиче Немцове.

(см. статью на с. 57).

Радиостанция 4-РА.

Радиостанция РБС-1.

Радиостанция РРС.

ВЕСЬ МОДЕЛЬНЫЙ РЯД RIGOL



Официальный RIGOL дистрибьютор



Генераторы сигналов

Источники питания

Анализаторы спектра

Новинка!

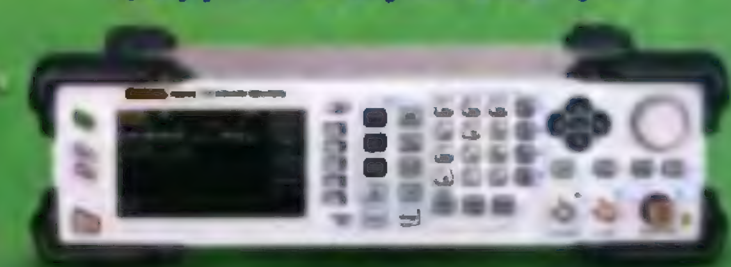




Система коммутации и сбора данных



Цифровые мультиметры



Генераторы СВЧ-сигналов

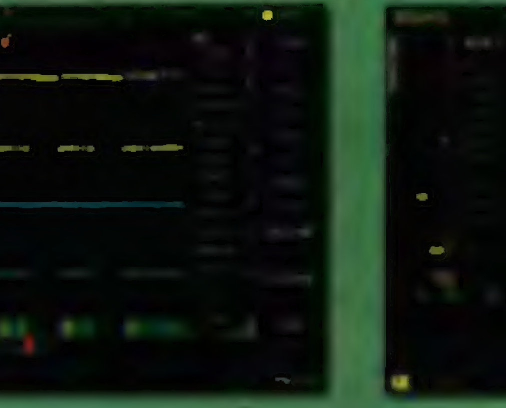
Многофункциональные цифровые осциллографы

UltraVision

- Количество аналоговых каналов 2 или 4
- Количество цифровых каналов – 16 (для моделей с индексом MSO)
- Уникальная технология UltraVision
  - высокая скорость захвата осциллограмм (до 180 000 осц/с)
  - большая глубина записи (до 140 миллионов точек)
  - 256 градаций яркости при отображении сигнала
  - регистрация сигналов в реальном времени с возможностью записи, воспроизведения и анализа
- Расширенная система синхронизации (до 13 типов запуска), в т.ч. по сигналам последовательных шин
- Декодирование сигналов последовательных шин I²C, SPI, RS232, UART, CAN, FlexRay (опция)
- Широкий выбор математических и статистических функций
- Встроенный двухканальный генератор сигналов (для моделей с индексом -S)









	DS/MSO1000Z	DS/MSO2000A	DS/MSO4000	DS6000
Полоса пропускания	50 МГц, 70 МГц, 100 МГц	70 МГц, 100 МГц, 200 МГц, 300 МГц	100 МГц, 200 МГц, 350 МГц, 500 МГц	600 МГц, 1 ГГц
Аналоговые каналы	4	2	2 или 4	2 или 4
Цифровые каналы	16 (MSO)	16 (MSO)	16 (MSO)	–
Генератор сигналов	2 канала (опция -S)		–	–
Максимальная частота дискретизации	1 Гвыб/с	2 Гвыб/с	4 Гвыб/с	5 Гвыб/с
Максимальная скорость захвата осциллограмм	30 000 осц/с	50 000 осц/с	110 000 осц/с	180 000 осц/с
Макс. глубина записи	12 М (24 М – опция)	14 М (56 М – опция)	140 М	140 М
Регистратор	65 000 кадров – опция	65 000 кадров	200 000 кадров	200 000 кадров
Дисплей	7" TFT	8" TFT	9" TFT	10,1" TFT



«ИРИТ»: Москва, 115211,
Каширское шоссе, дом 57, корпус 5
Телефон/факс: (495) 344-97-65,
Телефон: (495) 781-79-97
E-mail: irit@irit.ru

Ознакомьтесь с «Руководством пользователя» и скачайте каталог продукции Rigol на сайте www.irit.ru





В НОМЕРЕ:

ДОСКА РЕКЛАМНЫХ ОБЪЯВЛЕНИЙ (с. 1, 3, 4, 14, 29, 32, 36, 41, 46, 56 и 3-я с. обложки).

На нашей обложке. Ретрочасы (см. статью на с. 37).

ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ:

ИСПЫТАТЕЛЬ СТАБИЛИТРОНОВ
ЧАСТОТОМЕР ДО 1250 МГц
ЦИФРОВОЙ РАДИОКАНАЛ
УПРАВЛЯЕМ ПОЛОЖЕНИЕМ АВТОКРЕСЛА

Тираж журнала «Радио» № 12 сдан для рассылки подписчикам 02.12.2015 г.



"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ: ЗАО «ЖУРНАЛ «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.

Регистрационный ПИ № ФС77-50754

Адрес редакции: 107045, Москва, Селивёрстов пер., 10, стр. 1

Тел.: (495) 607-31-18. Факс: (495) 608-77-13

E-mail: **ref@radio.ru**

Группа работы с письмами — (495) 607-08-48

Отдел рекламы — (495) 608-99-45, e-mail: **advert@radio.ru**

Распространение — (495) 608-81-79; e-mail: **sale@radio.ru**

Подписка и продажа — (495) 607-77-28

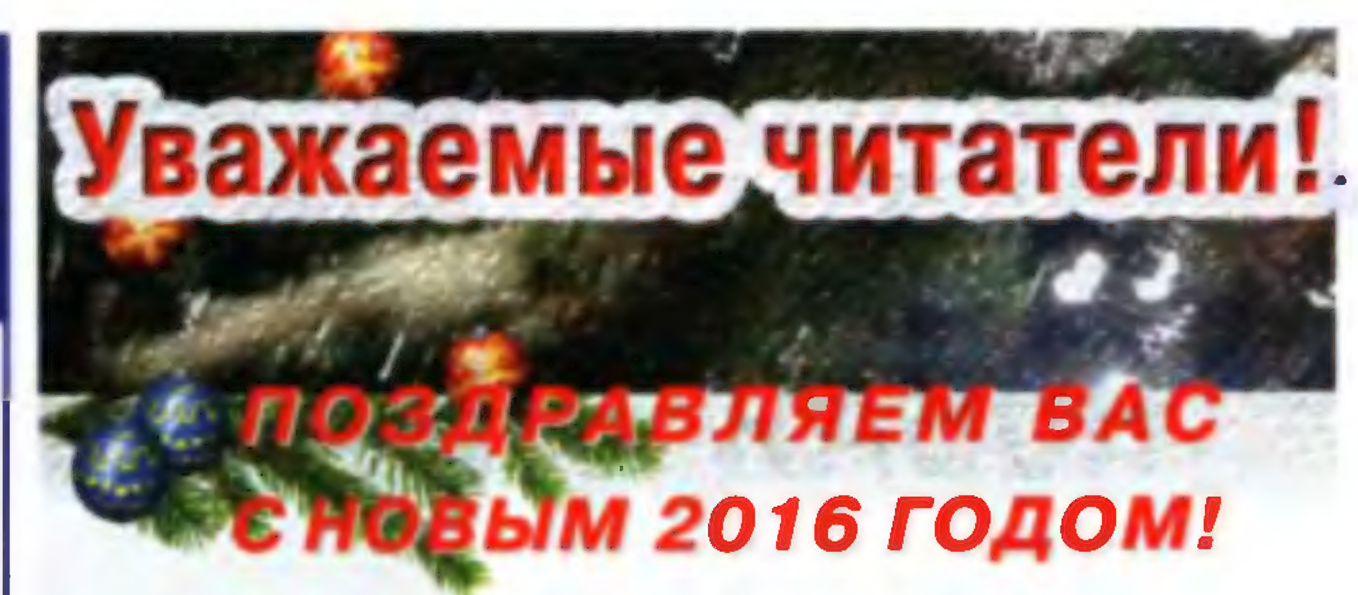
Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:
получатель — ЗАО "Журнал "Радио", ИНН 7708023424,
р/сч. 40702810438090103159
Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва
корр. счет 30101810400000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 18.12.2015 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.
Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.
В розницу — цена договорная

Подписной индекс:
по каталогу «Роспечати» — 70772;
по Объединённому каталогу «Пресса России» — 89032;
по каталогу Российской прессы ПОЧТА РОССИИ — 61972.

Отпечатано в АО «ПОЛИГРАФИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «ЭКСТРА М», 143400, Московская обл., Красногорский р-н, а/м «Балтия», 23 км.
Зак. 15-12-00272.



В наступившем году тематика журнала останется прежней. На его страницах мы планируем размещать статьи как уже известных авторов, так и новых, впервые публикующих описания своих разработок. Мы постараемся выбрать статьи, которые будут наиболее интересны всем нашим читателям. В частности, запланированы статьи ставшего популярным автора Хайо Лохни.

Три года назад мы организовали подписку на электронную версию журнала "Радио" — копию традиционного "бумажного" издания в виде компьютерного файла формата pdf, который можно читать на персональных и планшетных компьютерах, ноутбуках и нетбуках. Сейчас в электронном виде доступны журналы за 2012—2015 гг. Продолжается подписка и на текущий год. **Её стоимость на 12 месяцев осталась прежней — 600 руб.**, но эту сумму Вы заплатите при оплате подписки в редакции. В случае оплаты через банк или какие-либо платёжные системы стоимость может быть больше на величину комиссии. Подписаться на электронную версию можно с любого месяца. Например, если это сделать с февраля 2016 г. и оплатить 600 руб., Вы получите № 2—12 текущего года и № 1 за 2017 г. Для того чтобы оформить подписку на электронную копию, необходимо на нашем сайте по адресу **el.radio.ru** заполнить поля формы, указав в них номер, с которого Вы хотите получать журнал, фамилию, имя, отчество, дату рождения, почтовый адрес, адрес электронной почты и контактный телефон. Все эти данные необходимы для однозначной идентификации оплатившего подписку. После нажатия на кнопку "Оформить подписку" будет сформирована квитанция для оплаты подписки на электронную копию журнала на 12 месяцев в отделении Сбербанка России, которую следует распечатать и по ней произвести оплату. Подписчикам на электронную копию журнала "Радио" необходимо ознакомиться с договором по адресу **http://www.radio.ru/subscribe/oferta.pdf** на нашем сайте. После поступления денег на наш расчётный счёт Вы получите уведомление и будете получать номера по мере их выхода на адрес электронной почты, указанный при регистрации в поле E-mail. Информацию о дате отправки очередного номера читайте на главной странице (**www.radio.ru**) нашего сайта.

Напоминаем, что продолжается конкурс "Лучшие публикации 2015 года". Приглашаем всех читателей стать заочными членами жюри этого конкурса. Напишите нам, какие, на Ваш взгляд, материалы, опубликованные в журнале "Радио" в 2015 г., заслуживают быть отмеченными премиями. В своих письмах указывайте, пожалуйста, фамилию автора, полное название статьи, номер журнала, в котором она опубликована, а также премию (первая, вторая, третья, поощрительная), которую заслуживает статья. Число указанных материалов не должно превышать восьми. Ваше мнение мы сможем учесть, если Вы отправите письмо не позднее **31 марта 2016 г.** (по почтовому штемпелю). Письмо можно направить и по электронной почте на адрес **mail@radio.ru** с обязательной пометкой в поле "Тема" — "Лучшие публикации 2015 года". По традиции читатели, назвавшие правильно не менее четырёх статей, признанных лучшими, получат наши призы.

Желаем всем читателям журнала "Радио" в наступившем году доброго здоровья, удачи и творческих успехов!

Редакция

Новая электроника

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

"Смысл жизни в том, чтобы достигнуть совершенства и рассказать об этом другим".

Ричард Бах

Что касается совершенства, то ему, как известно, пределов нет. Или практически нет. Да и окружающие нас технологические достижения цивилизации чуть ли не ежедневно говорят о том же. В частности, совсем недавно создано устройство для превращения телевизора в гигантский планшет. Гаджет под названием Touchjet WAVE устанавливают сверху телевизора и подключают через HDMI. Встроенные в устройство инфракрасные датчики фиксируют касания к экрану пальцев или стилуса, а управляющая плата интерпретирует жесты для установленной на Touchjet WAVE операционной системы Android 4.4. Удалённо управлять таким Android-телевизором можно специальным приложением для Android и iOS, и на него можно, как и на обычный смартфон или планшет, устанавливать приложения из Google Play.

С другой стороны, на смену устройствам с сенсорным экраном и устройствам для распознавания жестов идут гаджеты с функцией взаимодействия взглядом, которые обеспечивают автоматическое пролистывание текста, контроллеры, двигающие крошечные бугорки по пальцам геймеров, а также мобильные или стационарные устройства, учитывающие эмоциональное состояние хозяина. С помощью таких устройств потребители наладят более тесный контакт с персональной электроникой.

Головные телефоны и динамические головки будущего смогут адаптироваться к слуху человека путём оценки реакции среднего уха и улиткового нерва. Ряд крошечных направленных микрофонов и усовершенствованная акустическая система помогут уменьшить внешний дорожный шум в автомобилях или "сфокусируют" звук в направлении слушателя. При этом в смартфонах качество звука улучшится в 16 раз в сравнении с "металлическим" звучанием сегодняшних гаджетов. В трёхмерных фильмах улучшится объёмное звучание, что обеспечит неповторимые впечатления в кинотеатрах или дома.

Настоящую революцию несут в себе OLED-телевизоры. Составляющие основу их матрицы органические светодиоды позволяют многократно увеличить число цветов и улучшить их передачу, а также изготавливать ультратонкие экраны практически любого размера и формы без потери качества изображения.

Ещё одним драйвером роста телеиндустрии уже стали стриминговые (потоковые) видеосервисы. Сначала Hulu, а затем Netflix, HBO Now и другие компании дали пользователям возможность изменить саму привычную модель потребления контента. Подписка на сервисы даёт доступ к огромным каталогам с лучшими фильмами и сериалами за относительно небольшие деньги, и тут даже "признанные" кабельные операторы остаются не у дел. Впрочем, это не только сделало из видеосервисов реальных конкурентов обычного телевидения, но и вдохнуло новую жизнь в развитие ТВ-индустрии. Подписная модель оказалась настолько успешной, что даже китайский онлайн-гигант Alibaba 2 сентября 2015 г. запустил китайский аналог Netflix — Tmall Box Office (TBO). Популяризации стриминговых сервисов способствует и то, что современным "умным" телевизорам для демонстрации интернет-видео уже не нужны внешние видеоплейеры, ведь они обладают доступом к сети и оснащены встроенными приложениями.

Что касается видео, то планшеты и смартфоны получат экраны со сверхвысоким разрешением и гораздо более богатыми визуальными свойствами. На больших экранах частоту кадров собираются увеличить до 1000 Гц. Кроме того, скоро видеоэкраны могут стать такими дешёвыми, что в магазинах будут использоваться как видеоярлыки. К тому же в сентябре целый ряд крупных компаний, работающих в индустрии интернет-технологий, Amazon, Cisco, Google, Intel, Microsoft, Mozilla и Netflix, объявили о намерении совместными усилиями создать новый, более эффективный адаптивный формат сжатия видео, который, в отличие от существующих, будет распространяться бесплатно. Инициатива получила название Alliance for Open Media ("Объединение ради открытых средств информации"). Всё это — хорошая новость для видео с высоким разрешением 4K (Ultra HD), требующего сейчас в среднем около 100 Гбайт памяти на один фильм. Теперь оно сумеет ужаться. Но дело не только в памяти, потому что ускорится скачивание и уменьшится нагрузка на сети связи. Хотя, с другой стороны, компактные системы хранения данных уже сейчас преодолевают терабайтный порог.

Что касается области хранения данных, то недавно компанией Intel заявлена технология 3D XPoint. На её базе строится энергонезависимая память, способная повысить скорость работы различных устройств, приложений и сервисов, требующих быстрый доступ к большим объёмам данных. Память 3D XPoint позволяет создать новую категорию устройств хранения данных впервые со времён выхода на рынок флэш-памяти стандарта NAND в 1989 г. Она обеспечивает в тысячу раз более высокую скорость обмена данными с памятью по сравнению с NAND. Появление 3D XPoint на рынке ожидается уже в 2016 г. под названием Intel Optane Technology. Как заявляет компания Intel, 3D XPoint будет поддерживаться любыми типами платформ, от дата-центров и до ультрабуков.

На последнем мероприятии Flash Memory Summit в Калифорнии компания Samsung представила самый ёмкий твердотельный накопитель из существующих на рынке, ёмкостью более 15 ТБ в форм-факторе 2,5 дюйма. Для сравнения самый ёмкий на рынке жёсткий диск аналогичного форм-фактора, выпущенный Western Digital, имеет ёмкость 10 ТБ. В линейке же Seagate самый ёмкий жёсткий диск способен вместить 8 ТБ.

Британская компания Intelligent Energy создала работающий прототип iPhone с тонкой батареей, которая по запатентованной технологии позволяет вырабатывать электроэнергию путём соединения водорода и кислорода с минимальным образованием "побочных продуктов" — воды и тепла.

В 2016 г. компания Google обещает вывести на рынок смартфон-конструктор Project Ara. Собственно, компания хотела сделать это раньше, но потребовались доработки, чтобы конструктор был понадёжнее. Project Ara представляет собой модульный смартфон, состоящий из каркаса, называемого эндоскелетом, и сменных модулей, которыми могут быть экран, процессор, память, батарея, камера, датчики, чипы беспроводной связи, динамические головки и т. п. Модули позволяют пользователю собрать смартфон под собственные нужды: подсоединить батарею повышенной ёмкости, более качественную камеру, более мощный процессор и т. д. Одними из элементов для сборки гаджета назывались магниты.

Не так давно компанией Samsung был представлен программно-аппаратный комплекс, призванный значительно упростить и улучшить повседневную жизнь людей в "умном" доме. Комплекс представляет собой систему из хаба Samsung SmartThings нового поколения и разнообразных датчиков и камер, работающих под управлением специального мобильного приложения. Сам хаб не требует постоянного подключения к Интернету для взаимодействия с датчиками, и в случае отключения электроэнергии он проработает ещё 10 ч от встроенного аккумулятора. Хаб получил довольно производительный процессор, который может самостоятельно обрабатывать потоковое видео и весь массив данных, поступающих от множества датчиков и прочих периферийных устройств, в то время как в предыдущей версии устройства данные обрабатывались на стороне — в "облаке". Подобный отказ от Интернета и "облачных" вычислений закономерно усилил информационную безопасность дома и, похоже, стал прологом к развитию "домашних" дата-центров.

Впрочем, неоднократно упоминавшийся нами ранее Интернет вещей (IoT — Internet of Things) продолжает набирать силу, будучи олицетворением концепции "сверхсети", объединяющей как виртуальные, так и реальные предметы. В представлении футурологов в



будущем каждый объект должен быть оснащён специальными датчиками. Когда-нибудь каждый продукт на полке супермаркета будет транслировать в Интернет свою стоимость, остаток срока годности и т. д., а наведя смартфон на свой холодильник, пользователь сможет узнать, какие в нём хранятся продукты. Всё это должно существенно изменить повседневную жизнь человечества. Однако для работы любого прибора необходима энергия. Мария Горлатова из Колумбийского университета в Нью-Йорке нашла её источник в человеческом движении. Исследования показали, что люди большую часть времени пассивны и около 95 % энергии продуцируют в течение 7 % дня. Прогулка позволяет выработать около 150 мкВт, пробежка — около 800 мкВт. Спуск по лестнице вниз генерирует больше энергии, чем подъём по ней, так как производится с большей скоростью. Высокие люди производят на 20 % больше энергии. В целом же большинство людей производят достаточно энергии, чтобы бесконечно транслировать данные на скорости 1 кбит/с (около 5 мкВт). Инженеры уже работают над алгоритмами, которые позволят улучшить способ аккумулирования энергии движения и найти ей наилучшее применение. Рано или поздно на рынке обязательно появятся "носимые" компьютеры со сверхнизким энергопотреблением, которые смогут работать от таких источников, как энергия тела. Впрочем, уже появилось понятие Интернет НаноВещей (IoNT — Internet of NanoThings), в котором одной из "сценических площадок" является человеческое тело, где всё это уж точно пригодится.

Но вернёмся к "умным" домам. Забудьте смарт-телевизоры, умные термостаты и холодильники — утверждает команда исследователей университета NTU из Сингапура. Уже много лет люди мечтают о том, как они будут сворачивать телевизор в трубочку. Закономерно прорывом в создании "умного" дома станут интеллектуальные обои — новый вид печатной электроники, с помощью которой можно превращать стены дома в цифровые устройства, такие как миниатюрные колонки, микрофоны, выключатели и датчики. По сути, можно "печатать" электронные устройства любой сложности на любой подложке, в качестве которой может использоваться бумага, алюминий и пластиковая плёнка. Такая электроника будет, к примеру, особенно полезна пожилым людям, которые смогут взаимодействовать с компьютером с помощью голосовых команд. То есть вы просто разговариваете со стеной дома, а "умная" стена отвечает вам через громкоговорители. И чтобы сделать звонок, вам также не нужно брать в руки мобильный телефон, достаточно опять же обратиться к стене. Нетрудно представить, какой успех ждёт эту технологию в местах отправления религиозных культов, где ответ на молитву может поступить крайне оперативно, или в многофункциональных центрах по получению госуслуг.

В целом процесс изготовления печатной электроники аналогичен печати на футболках. То есть он дёшев. Универсальность технологии позволяет встраивать такую электронику в уже готовые изделия. Например, в окна путём нанесения на них прозрачной пластиковой плёнки. В медицине гибкая печатная электроника может использоваться в "умных" пластырях, способных регистрировать частоту сердечных сокращений. Исследователи говорят, что не собираются конкурировать с высокопроизводительными процессорами, которые используются в смартфонах и других электронных устройствах. Ведь печатные платы стоят всего несколько центов, а не долларов. И это позволит выпускать электронику, предназначенную для одноразового использования.

Смартфоны и телевизоры с изогнутым, но не гибким экраном уже есть. Поскольку речь уже пошла об обоях, теперь настала очередь эластичных электронных систем. Именно гибкие электронные чипы принесут революцию во множество изделий, сделав большинство окружающих нас вещей, от одежды до обоев на стенах, "умными". Собственно, гибкая электроника приобретает популярность по двум причинам.

Во-первых, это совершенно новые электронные устройства. Это могут быть миниатюрные смартфоны, которые оборачивают вокруг запястий, или гибкие дисплеи, которые разворачиваются из тонкого свитка до размера огромного телевизора. Или фотогальванические панели и реконфигурируемые антенны, которые можно будет настилать прямо на крыши домов и автомобилей. Или гибкие имплантаты, которые могут контролировать ход таких болезней, как рак или диабет, а также помогать устанавливать взаимодействие с людьми, страдающими различными нарушениями функционирования мозга.

Во-вторых, гибкая электроника дешевле в производстве. Обычные полупроводники требуют сложных процессов изготовления. Теперь же разработчики надеются печатать гибкую электронику на пластмассовой плёнке точно так же, как это делает на бумаге обычный принтер. И если это будет дёшево, то самая разная электроника станет одноразовой. Можно будет носить свой телефон прямо на одежде или брать биопробу, чтобы проверить состояние здоровья, просто лизнув кусочек ткани.

Гибкая электроника имеет ещё массу применений: покрытия смогли бы определять трещины и щели в различных изделиях, появились бы более эффективные и дешёвые солнечные панели, а чипы в упаковке продуктов помогли бы определить, не испортились ли они. Спрос ожидается высокий, но для его удовлетворения надо научиться производить подобную электронику в промышленных масштабах. До недавнего времени она являлась уделом научных лабораторий и лишь начинает готовиться к выходу на рынок. К примеру, португальская компания Ynvisible уже разработала набор гибких электронных модулей, сопоставимых по толщине с листом обычной бумаги.

В августе компания LG представила клавиатуру Rolly Keyboard — полноразмерное устройство для мобильных гаджетов, которое легко свернуть и удобно носить. Она помещается не только в сумке или рюкзаке, но даже в кармане. Стоит отметить, что клавиатура сделана из твёрдых материалов (поликарбоната и пластика), о резине или силиконе речи не идёт. Конечно, это лишь клавиатура, но ведь и это лишь начало...

Исследователи из Министерства энергетики США (DOE) Национальной лаборатории Беркли (Berkeley Lab) разработали перспективный и недорогой метод изготовления крупномасштабных гибких и растягивающихся "печатных" плат с использованием углеродных нанотрубок—полупроводников. Чтобы продемонстрировать разработку, исследователи построили искусственную "электронную кожу" (e-skin) площадью 56 см^2. Она представляет собой гибкую и механически растягивающуюся плату из полностью пассивированного (пассивирование — процесс образования тонкой и прочной оксидной плёнки на поверхности металла) и однородного массива тонкоплёночных транзисторов из одностенных углеродных нанотрубок. В сочетании со струйной печатью металлических контактов эта технология должна обеспечить изготовление недорогой, гибкой и растягивающейся электроники.

Исследователи из Центра наноматериалов (Center for Nanoscale Materials) Аргоннской национальной лаборатории Министерства энергетики США разработали самые тонкие, гибкие и прозрачные 2D-транзисторы в мире. Они имеют толщину 10 атомных слоёв (примерно на такую длину вырастают наши ногти за одну секунду) и имеют параметры, сравнимые с тонкоплёночными транзисторами, производимыми сегодня для коммерческих целей. Однако в отличие от последних, эти не разрушаются при сгибании, обеспечивая стабильную работу в широком диапазоне температур, что очень важно для электронных устройств. По словам разработчиков, новая технология позволит, к примеру, увеличить прозрачность дисплеев, сделав их практически невидимыми (ну прямо как обычное окно, которое при включении превращается в экран).

При создании новых транзисторов исследователи использовали метод, за который Манчестерский университет был удостоен Нобелевской премии — отделение одноатомного слоя дисилицида вольфрама с помощью липкой ленты. Поверх этого слоя учёные нарастили слои других материалов и получили транзистор. Сейчас они хотят применить эту технологию к устройствам обработки и хранения информации, что позволит создавать не только дисплеи, но также гнущиеся прозрачные телевизоры и компьютеры.

Согласно осторожным прогнозам, ожидается, что тенденция перехода на гибкую электронику будет ежегодно возрастать на несколько десятков процентов в течение следующего десятилетия. Однако учёные и разработчики на самом деле надеются, что росту популярности гибких электронных устройств

предстоит резкий скачок, как только технологии гибких дисплеев перейдут из стадии разработки в стадию производства и начнут становиться коммерческими продуктами. Они быстро изменят способ взаимодействия пользователей и их гаджетов, что не останется незамеченным. Собственно, уже к середине двадцатых годов гибкой может стать треть всей электроники. Она заменит массивные телефоны, электронные книги, планшеты и другие подобные устройства. Проблема, которая существовала, — адаптация процессов и материалов к гибкой электронике, сегодня уже решается. Учёные нашли способ производить гибкое стекло, печатать электронные составляющие на 3D-принтере и научились производить растягивающиеся батареи.

В частности, Юнган Хуан из Северо-Западного университета (США) и Джон А. Роджерс из Университета Иллинойса (США) были первыми, кто продемонстрировал поддающийся растяжению Li-Ion аккумулятор — гибкое устройство, способное питать инновационную электронику. Теперь аккумуляторы не должны быть связаны проводами с гибкими электронными устройствами любого размера и могут использоваться где угодно, включая человеческое тело. Причём как снаружи, так и изнутри. Вживляемая электроника может управлять разнообразными процессами организма, а растяжимые батареи будут незаменимы везде, где плоские, твёрдые батареи потерпят неудачу.

Инновационное решение заключается в том, чтобы использовать металлические проводные соединения, по которым передаётся электроэнергия и которые являются длинными волнистыми волокнами, заполняющими небольшое пространство между составными частями батареи. Получается "пружина внутри пружины": волокно, соединяющее компоненты, имеет форму большой "S", в пределах которой много маленьких "s". Когда батарею растягивают, сначала растягивается и исчезает большая "S", оставляя линию из маленьких. Растяжение продолжается и исчезают маленькие "s", когда натягивается соединительный провод между электродами. Разработчики называют это упорядоченным распутыванием, которое позволяет батарее растягиваться на 300 % от её первоначального размера.

Минувшим летом Пентагон совместно с FlexTech Alliance (в настоящее время в него входят 162 различные компании и организации, включая Apple, Boeing и Гарвардский университет) приступил к реализации проекта по созданию новейшего поколения электроники и сенсорной техники. Системы должны содержать множество различных датчиков и управляющие модули, ответственные за обработку информации. Перед группой разработчиков стоит задача создать электронные системы, достаточно гибкие для того, чтобы интегрировать их непосредственно в одежду солдат. В течение следующих пяти лет будет учреждён Manufacturing Innovation Institute for Flexible Hybrid Electronics, где и будут разрабатываться устройства, которые должны выдерживать растяжение, скручивание и прочие виды деформации, оставаясь полностью работоспособными. Сообщается, что будут разработаны "умные гибридные материалы" (в том числе с помощью 3D-печати), содержащие сложную электронику для систем вооружения и одежды военнослужащих, способную передавать многочисленную информацию об их боевом состоянии и иные параметры.

В августе сотрудники Военно-воздушной исследовательской лаборатории на авиационной базе Райт-Паттерсон, США, сообщили, что сделали уникальное открытие в области гибкой электроники. Результаты исследования были представлены во время недавней конференции Американского химического общества. Новая технология позволяет осуществлять 3D-печать эластичных полупроводников на гибкой основе, такой как полимерный пластик. Узлы толщиной всего в несколько нанометров имеют предел растяжения от 30 до 100 %, позволяя фактически сложить устройство пополам. Способность к растяжению зависит от типа электроники, но этот способ печати превосходит по данному параметру почти все неорганические электронные компоненты. Согласно заявлению авторов исследования, область применения такой гибкой электроники поистине безгранична. Одним из потенциальных методов её использования может стать медицинский мониторинг жизнедеятельности пилотов. Специальная нашивка на плече лётчика соберёт данные об уровне гидратации, усталости или признаках когнитивного расстройства. Эта информация затем поступит на панель командования или самого пилота, помогая предотвратить чрезвычайные ситуации. Такие датчики могут применяться не только в военной сфере, но также в медицинских учреждениях или на важном гражданском производстве.

Ещё одной сферой применения могут стать сами самолёты военной и гражданской авиации. Небольшие эластичные элементы на крыльях или фюзеляже судна из-за своей небольшой толщины не повлияют на сопротивление, но помогут получить информацию о начале деформации крыла. Гибкая электроника сможет использоваться и в качестве антенны или передатчика для связи с другими самолётами. Кроме того, такие элементы можно с лёгкостью убрать, поменять или заменить.

Важным преимуществом гибкой электроники в авиации является тот факт, что устройства способны выдержать экстремальные условия, с которыми регулярно сталкиваются военные пилоты. Высокая эластичность элементов позволит значительно увеличить срок эксплуатации в условиях высокой механической нагрузки, такой как перегрузки в 20...50 g или резкий перепад температур.

Одним из уникальных компонентов эластичных приборов является жидкий сплав галлия, разработанный химиком Майклом Дики из Университета Северной Каролины. Этот сплав имеет высокое поверхностное натяжение по аналогии с жидкой ртутью, что заставляет его фрагменты собираться вместе. При растяжении элементов материал просто равномерно заполняет пустоты, поддерживая работоспособность устройства. И это не последняя новость про материалы—аналоги жидкой ртути.

Недавно группа учёных из Мичиганского университета разработала материал, который с помощью реактивной жидкости способен восстанавливаться после полученных повреждений. Восстановление материала происходит с помощью вещества под названием трибутилборан (tributylborane), расположенного между двумя полимерными листами. Это соединение вступает в реакцию с кислородом и затвердевает, что приводит к затягиванию отверстий всего за несколько секунд. Создатели нового материала опубликовали на YouTube небольшое видео, демонстрирующее процесс самовосстановления образца после попадания в него пули. Мы уже неоднократно указывали на подчас феноменальные предсказания фантастов, и в данном случае журналисты сразу же нашли аналогии с восстановлением робота Т-1000 в фильме "Терминатор-2: Судный день".

Впрочем, разработанный американскими учёными материал не является уникальным, однако он выгодно отличается от других самовосстанавливающихся материалов, поскольку способен значительно быстрее "залечить" полученные повреждения. Благодаря этому свойству он может найти применение в космической отрасли, где, к примеру, любое повреждение оболочки корабля или скафандра представляет смертельную опасность.

В заключение мы не можем не сказать что-то о наших учёных. Компания молодых разработчиков из Новосибирска создала технологию производства роботизированного протеза кисти, который будет втрое дешевле немецкого и в семь раз дешевле английского аналога. Самый дешёвый импортный роботизированный протез кисти сейчас производится в Германии и стоит 800 тыс. рублей. Стоимость английского варианта — от 1,8 млн рублей. Новосибирский протез будет стоить около 250 тыс. Удешевить производство позволил отказ от дорогостоящих материалов. Карбон и титан новосибирские разработчики заменили полимерами и более дешёвыми металлическими сплавами. В производстве используется 3D-печать. Пока протез работает за счёт остаточных мышечных сокращений, однако компания разрабатывает возможность управления с помощью импульсов головного мозга — иными словами, силой мысли. Что же касается силы мысли инженеров, то мы вынуждены констатировать, что это великая сила.

По материалам ***CNews, KM, Ferra, Intel, New Scientist, Nplus1, OneGadget, The Telegraph, 3DNews, Newsru, TGH, YVEK, РБК, РИА "Новости", Reuters, PhysOrg, hi-news.ru, gazeta.ru***



тел. 608-83-05 Приём статей: mail@radio.ru Вопросы: consult@radio.ru

Улучшение параметров УМЗЧ класса D на примере разработки автомобильного усилителя высокого класса

Ю. ИГНАТЬЕВ, г. Ивано-Франковск, Украина

В статье показан наглядный пример эффективности моделирования узлов и каскадов для импульсного усилителя мощности типа UcD. Предлагаемый автором вариант автомобильного стереофонического УМЗЧ с очень малыми нелинейными искажениями доведён до реальной конструкции на микросхемах. В общем корпусе встроен также разработанный автором импульсный преобразователь напряжения питания, обеспечивающий мощность усилителя до 2×100 Вт.

Как ни странно, до сих пор сложно найти в конкретных конструкциях примеры реализации радиолюбителями высококачественных импульсных усилителей ЗЧ, имеющих весьма малый коэффициент нелинейных искажений (КНИ). Связано это со сложностью расчёта цепей ОС и разработки качественной печатной платы. Целью работы будут анализ различных решений в аспекте построения усилителя класса D и выбор подходящего для реализации проекта. Для точного понимания сразу представим часть технического задания (ТЗ) на усилитель мощности. Постараемся получить, в частности, следующие параметры:

КНИ при выходной мощности 5...40 %, не более, % 0,005
Динамический диапазон при выходной мощности 10 Вт, не менее, дБ 90
Полоса частот (по уровню –3 дБ), Гц ....5...50000

Для сравнения приведём параметры четырёхканального импульсного усилителя ALPINE PDX-F4 [1]:
Максимальная мощность в канале, Вт 100
Динамический диапазон при мощности 1 Вт, дБ 80
КНИ при выходной мощности 1...20 Вт, % 0,0035
КНИ при выходной мощности 50 Вт, % 0,015

За основу для моделирования использована структурная топология УМЗЧ, разработанного Бруно Путзейсом (Bruno Putzeys) [2], получившая типовое название UcD (Universal class D), так как она считается достаточно сложной для получения высоких результатов и, по распространённому мнению, обеспечивает наиболее "аудиофильское звучание".

Воспользуемся возможностями компьютерной программы *Microcap*. Проверим, сможет ли выбранная схема обратной связи в усилителе обеспечить нам необходимые высококачественные параметры и, что самое главное, ответим на вопрос о теоретических возможностях разных схемных решений. Условно примем во внимание, что при реализации реального УМ параметры ухудшатся по сравнению с моделированием на 10...15 дБ.

Прежде чем начинать исследования, необходимо было определиться с драйвером выходного каскада и компаратором. Наилучшие параметры имеют драйверы серий TAS51xx с встроенными выходными транзисторами. Однако их стоимость и возможность свободной покупки оставляют желать лучшего. Кроме того, для этих микросхем необходимы печатные платы заводского изготовления. С другой стороны, вполне возможно использовать драйвер на дискретных транзисторах из [2]. Но это значительно увеличивает сложность разработки драйверной части УМ — ведь нужно проектировать и отлаживать узлы защиты выходных транзисторов.

Как альтернатива вызывает интерес микросхема IRS20957 (IRS20955), так как при неплохих параметрах она оборудована комплексной защитой по току и напряжению. Из документации на эту микросхему [3] известно, что параметры "время распространения сигнала" (propagation delay) и "время нарастания фронта" равны 95 и 15 нс соответственно. Для сравнения, драйвер IR2010 имеет задержку распространения 120 нс и время нарастания 25 нс.

С компаратором дело сложнее. В литературе указывается нормированная задержка, она заметно зависит от разницы напряжений между входами, выходной нагрузки и ёмкости. Потому вначале для дальнейшего компьютерного моделирования примем общую (суммарную) задержку в 200 нс. Это соответствует применению распространённых и недорогих микросхем.

Естественно, в библиотеке программы отсутствуют модели сложных современных микросхем типа IRS20957. Потому допустим некоторые упрощения и проигнорируем влияние "мёртвого" времени (dead time) на задержку переключения мощных транзисторов усилителя.

Упрощённая схема усилителя UcD показана на **рис. 1**, а схема для её моделирования представлена на **рис. 2**.

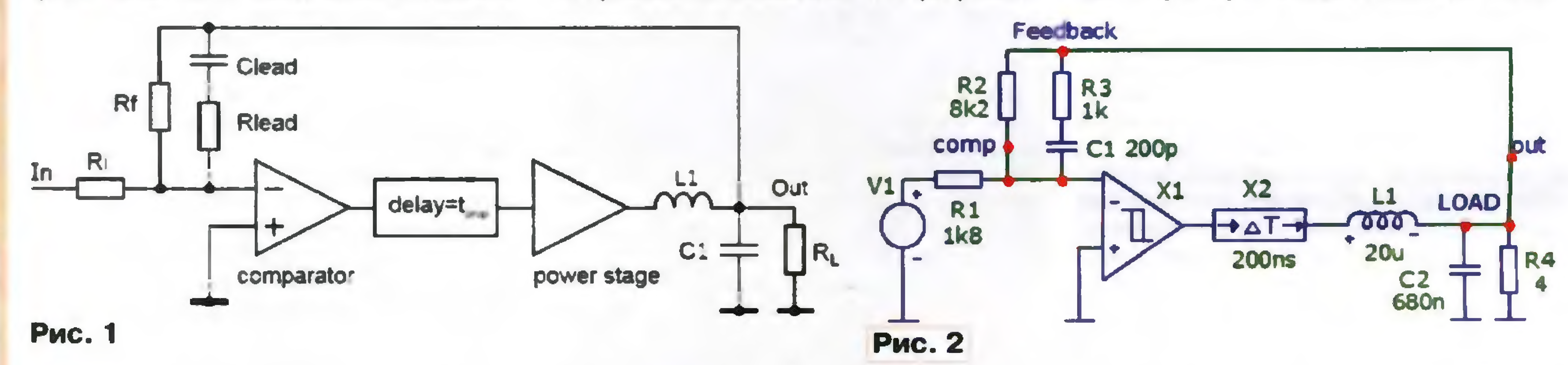


Рис. 1

Рис. 2

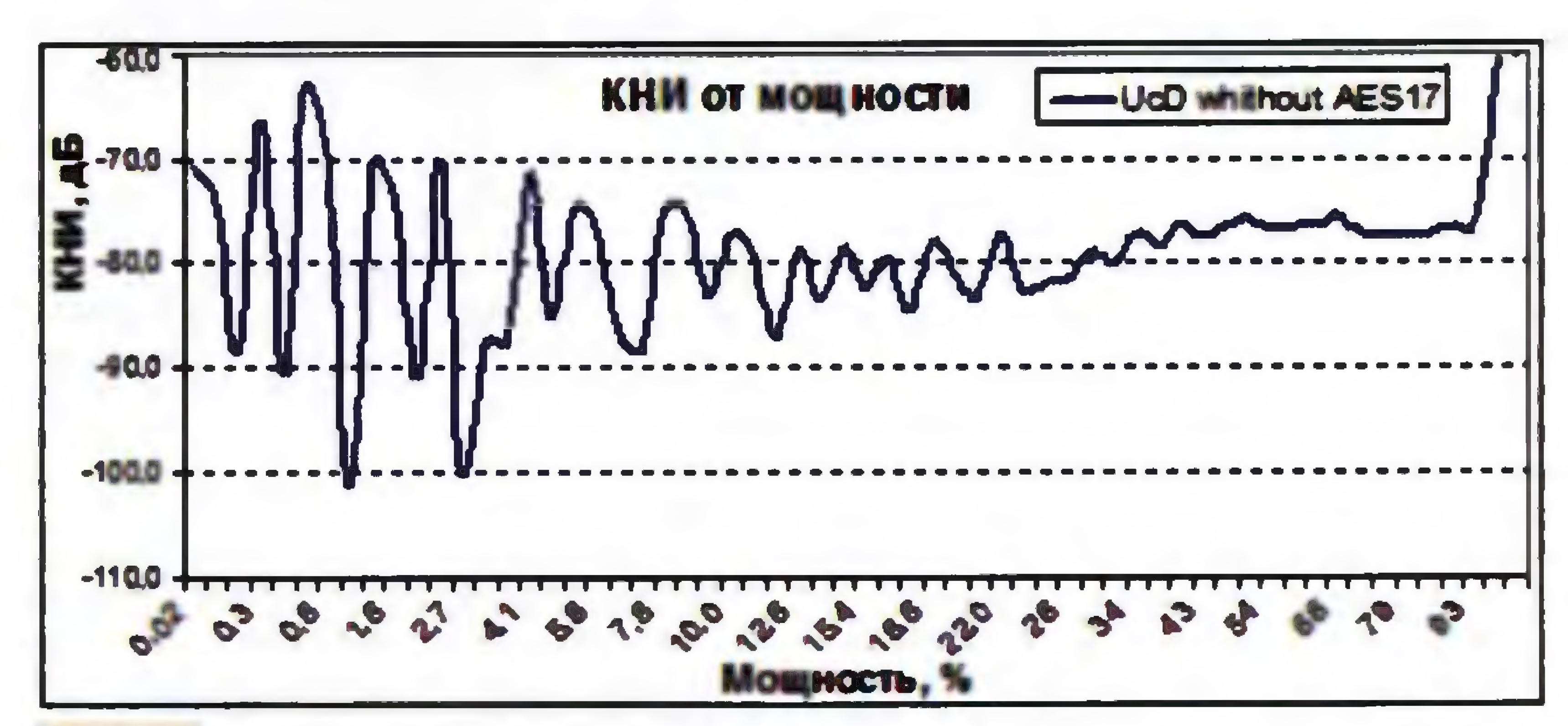


Рис. 3

тел. 608-83-05
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 1, 2016

Как видно на рисунке, узел X1 имитирует работу компаратора и мощного каскада, а узел X2 имитирует задержку распространения сигнала в этих элементах.

Существует ещё один нюанс. С помощью однократного моделирования искажений *THDvsPout*, которое укажет искомое значение на конкретной мощности, нельзя оценить качество работы модели — есть огромный шанс ошибиться. Очень вероятно, что из-за особенностей работы программы вполне "приличная" схема покажет на выбранной мощности, по какой-то случайности, результат хуже, чем на всём остальном интервале мощностей. Поэтому правильно было бы сравнивать схемы по графикам зависимости КНИ от выходной мощности. К сожалению, симулирование графиков требует значительных вычислительных ресурсов и времени, потому тут будет приведена довольно редкая сетка результатов. Заодно можно будет сравнить график с результатами, которые привёл автор в [2], и сделать соответствующие выводы.

На **рис. 3** приведён результат моделирования КНИ для схемы на рис. 2.

Для анализа использована программа *Microcap10*. Параметры анализа: *Fundamental frequency* — 1k, *Temperature linear* — 27, *Max simulation cycles* — 4, *Steady State Tolerance* — 0, *Time step response* — 500n, *highes harmonic in THD* — 7. График построен из двух поддиапазонов входного напряжения. В первом из них интервал между соседними точками — 100 мВ, во втором — 200 мВ. Для автоматизации построения графиков включена дополнительная вкладка *THD vs VOUT RMS*, входное напряжение задано параметром *input source amplitude — linear* 4,100m,100m для первого поддиапазона и 8,4200m,200m — для второго. Вывод результатов производился средствами программы в файл **.hwno*, а оттуда вручную импортировался в сводную таблицу *THD.xls* для построения графиков. Все схемы приведены к одинаковому коэффициенту усиления. Исходные файлы доступны на FTP-сервере (*см. от редакции*).

Особенностью работы программы *Microcap*, как и любой другой, использующей быстрое преобразование Фурье (FFT), является необходимость точного выбора "окна" анализа. Обычно начальным отсчётом в "окне" служит переход напряжения сигнала через ноль. В линейных схемах проблем с погрешностями фактически не бывает, в импульсных — выходной НЧ-сигнал содержит остатки несущей частоты преобразования. В программе *Microcap*, в частности, анализируется последний период сигнала основной гармоники из последовательности периодов, длина которой указана в параметре *Max simulation cycles*. Остальные данные "обрезаются". Остаток несущей в местах обрезки в таком случае может быть произвольным, причём в конце и начале сигнала разным, что и проявляется как резкий всплеск КНИ на определённых значениях выходной мощности и хорошо иллюстрируется на рис. 3.

Для минимизации ошибок выходной сигнал усилителя желательно пропустить через фильтр (например, Баттерворта третьего порядка) с частотой среза 30 кГц, упрощённым аналогом AES17 [4]. Добавление фильтра к схеме на рис. 2 уменьшает погрешности преобразования, сглаживая пики графика. На **рис. 4** представлены результаты для сравнения графиков КНИ для схем с фильтром и без него.

Видно, что без фильтра, особенно на низких мощностях, погрешность большая и с повышением мощности она уменьшается. Связано это с тем, что преобразование производится с постоянной ошибкой по амплитуде не более остатка несущей и фактически мало зависит от уровня полезного сигнала, тогда как искомый НЧ-сигнал увеличивается с мощностью, а вклад ошибки соответственно уменьшается. Такая же картина, хотя и в меньшем масштабе, наблюдается при физических измерениях.

Разумеется, результаты моделирования — это оценка работы обратной связи, они не учитывают

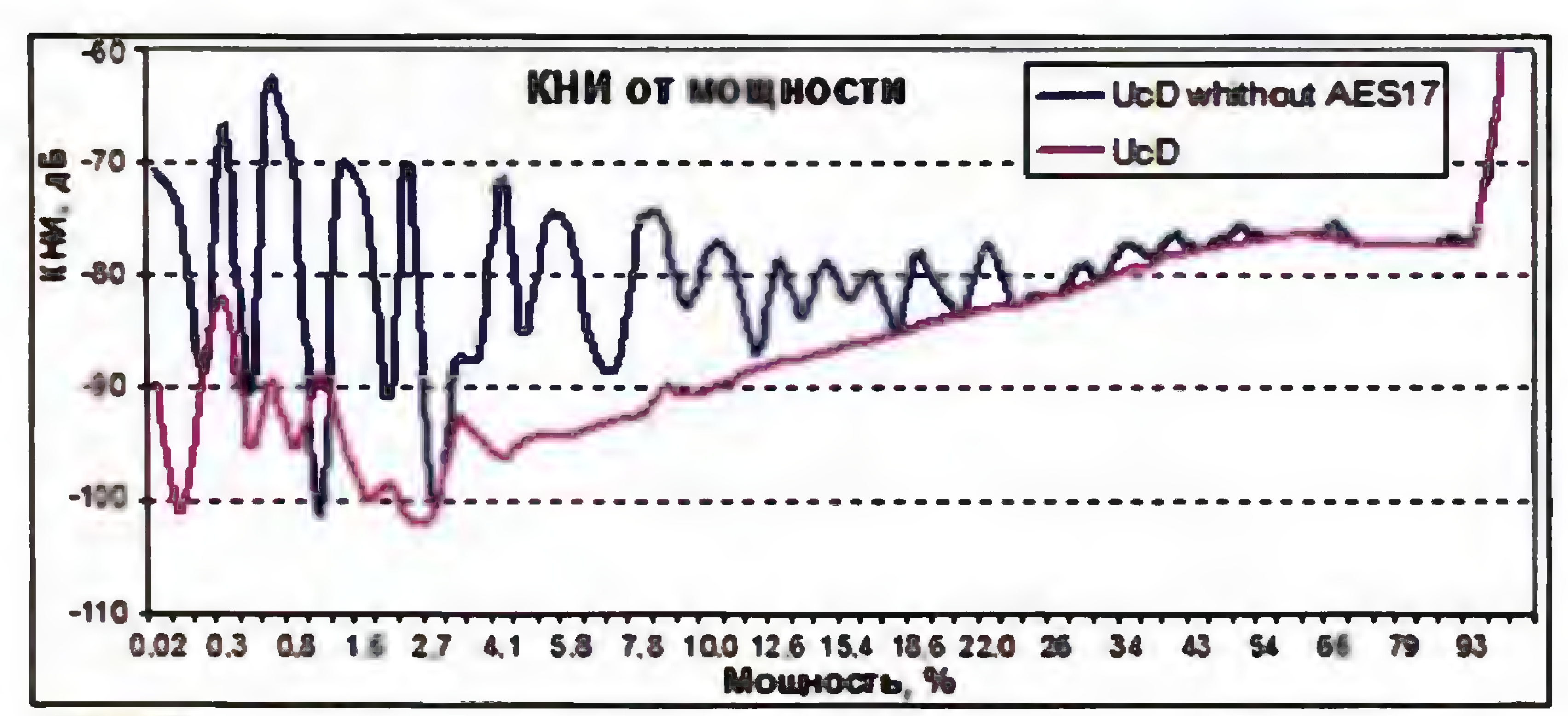


Рис. 4

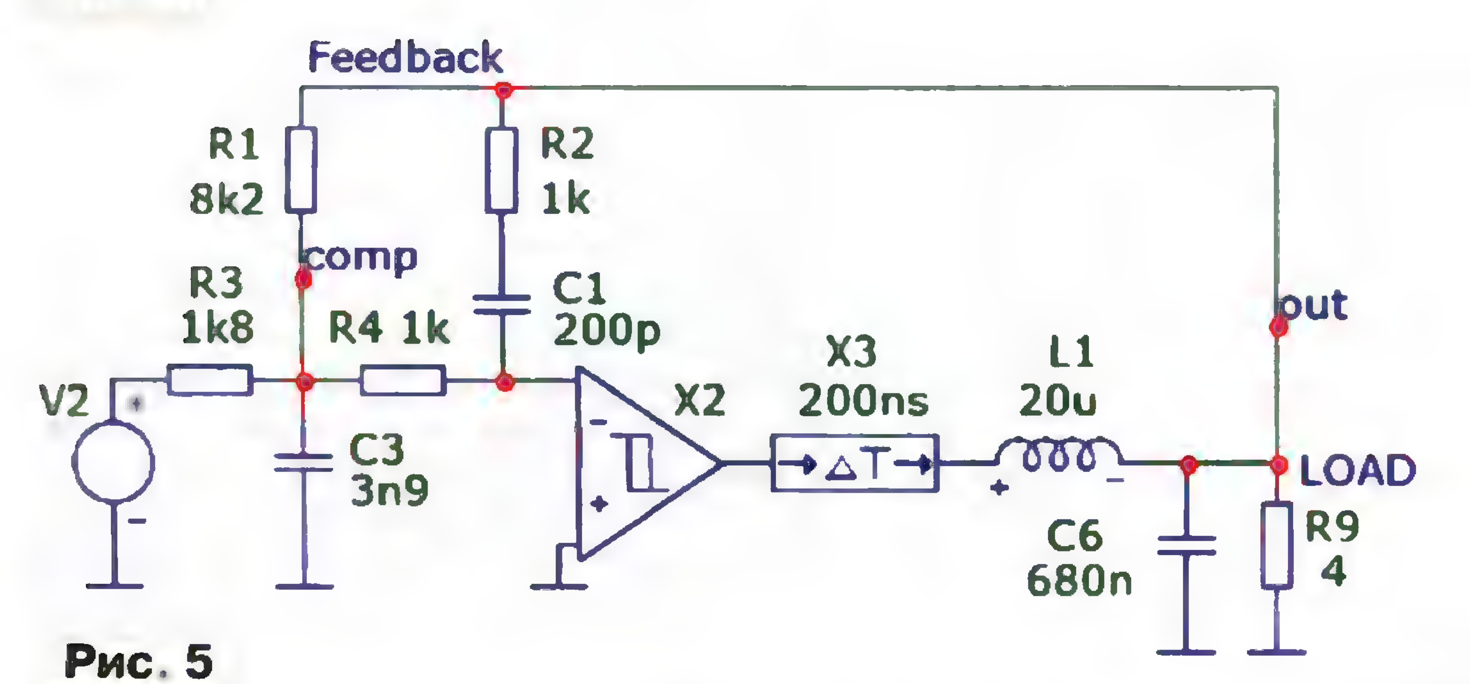


Рис. 5

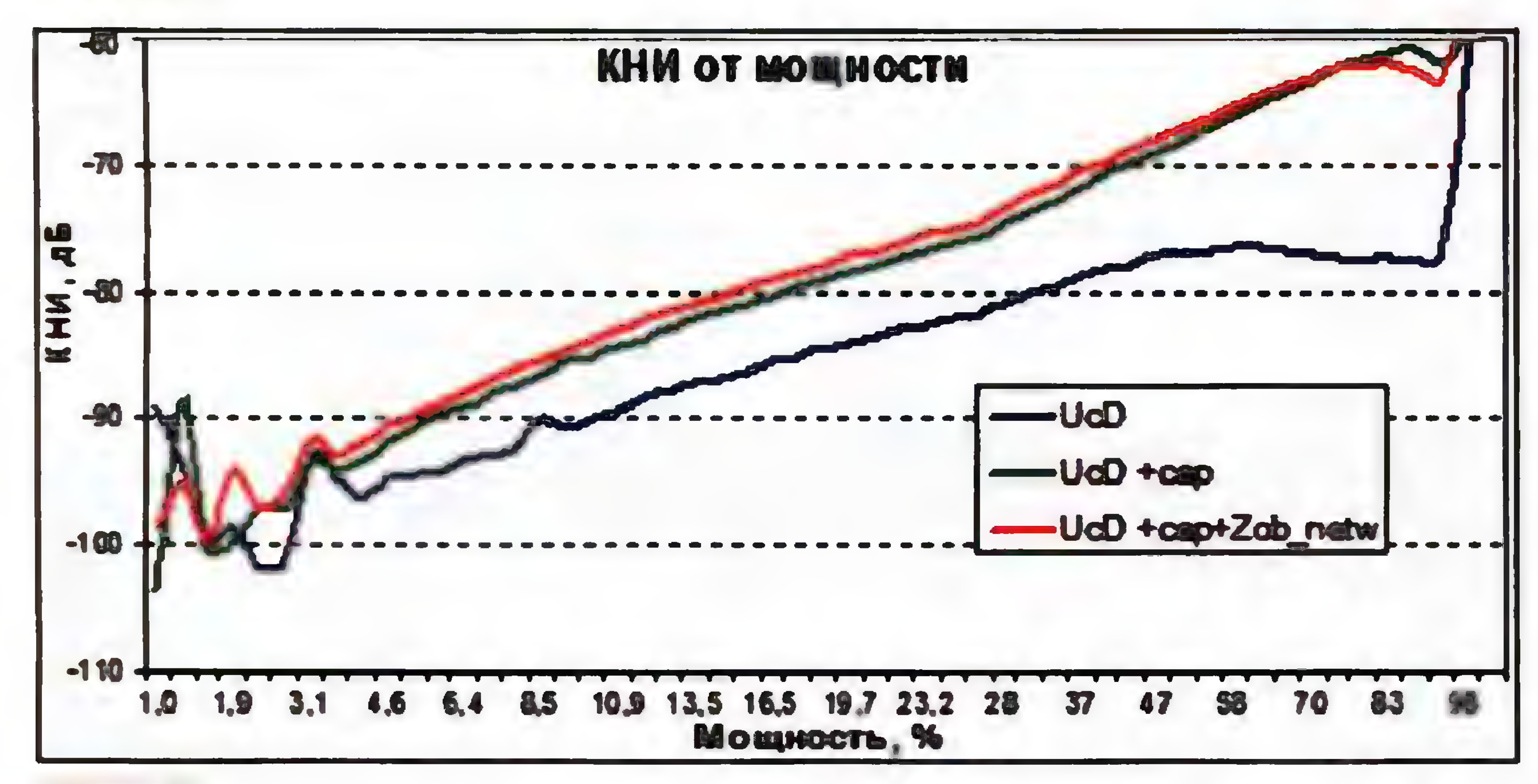


Рис. 6

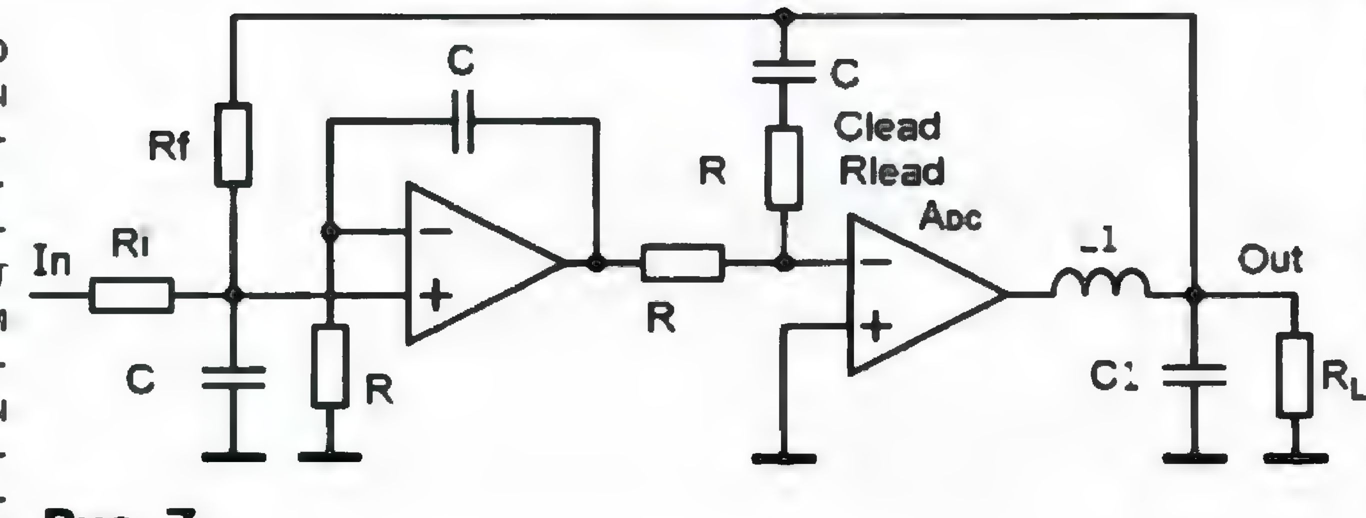


Рис. 7

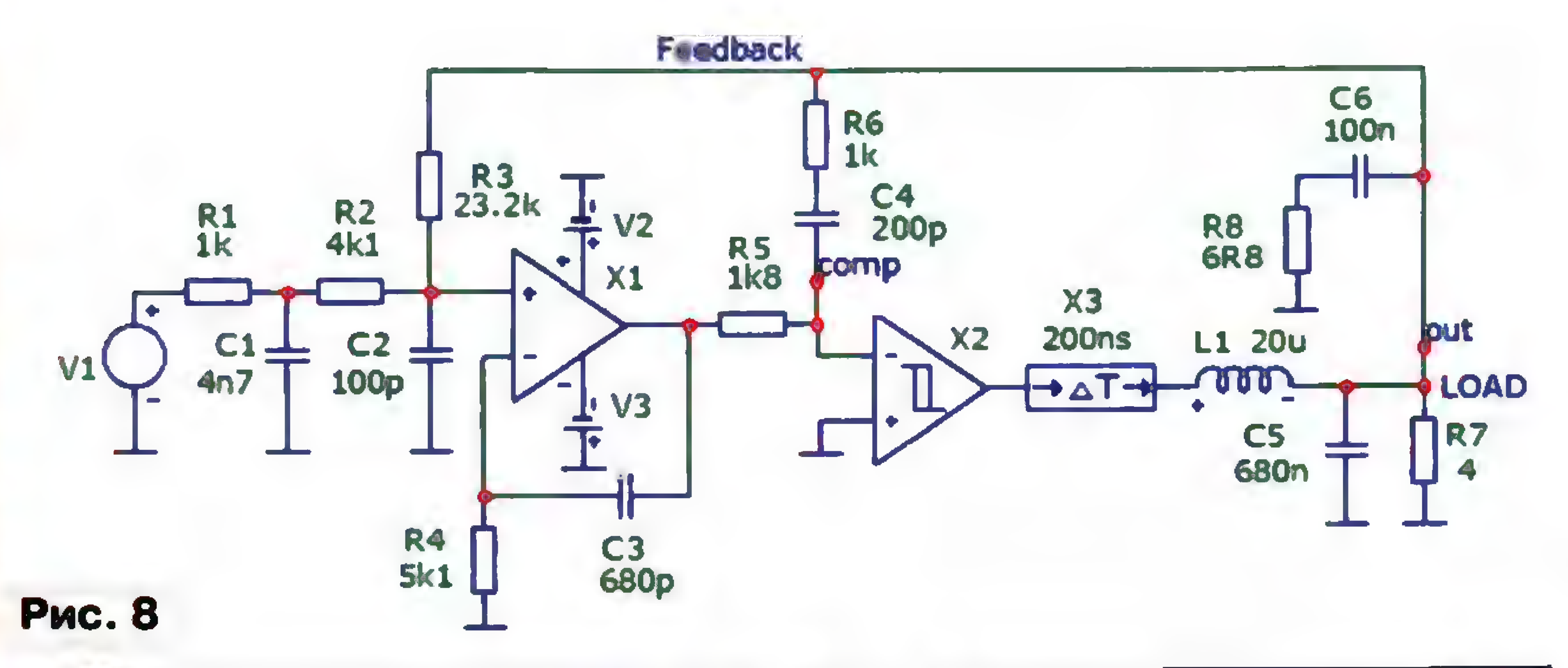


Рис. 8

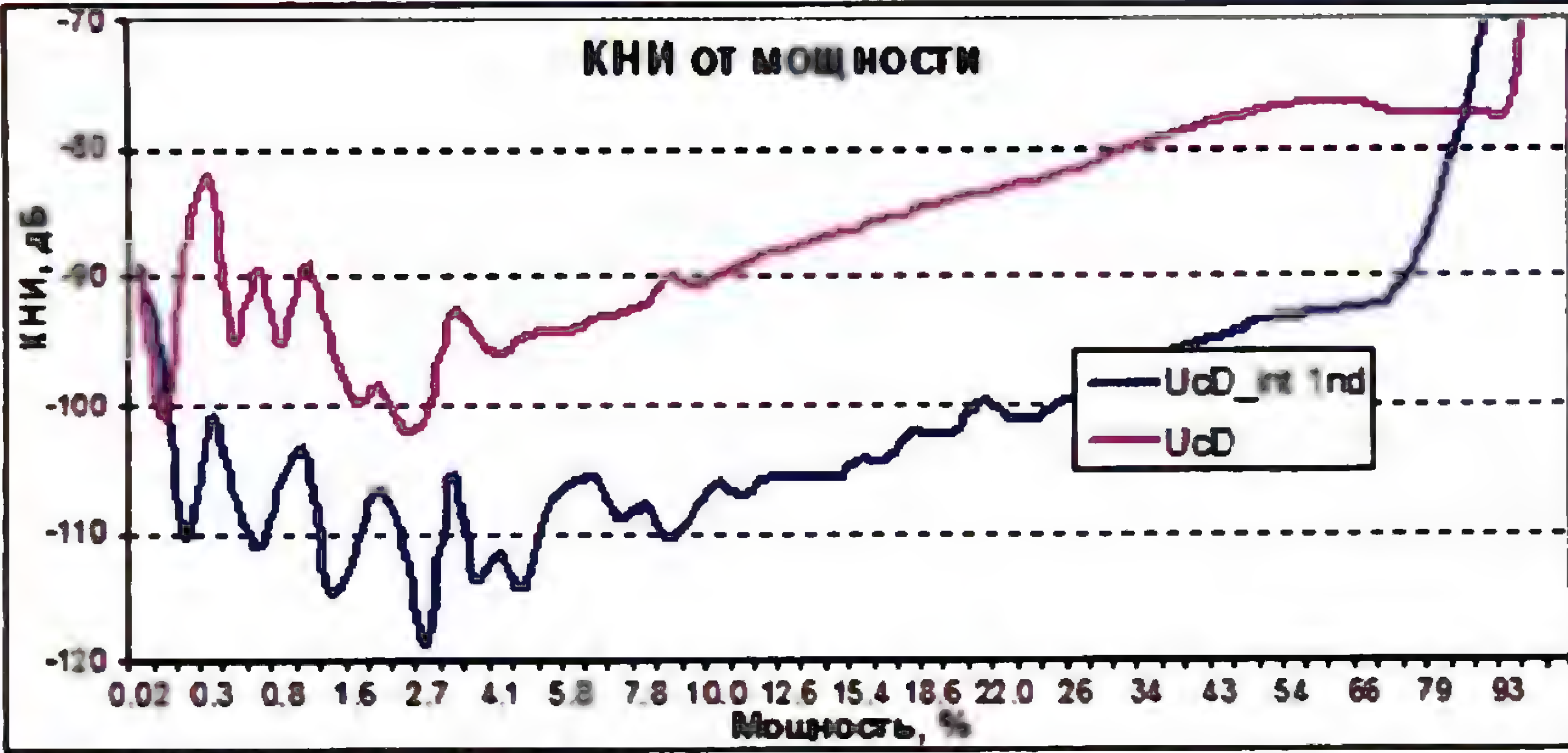


Рис. 9

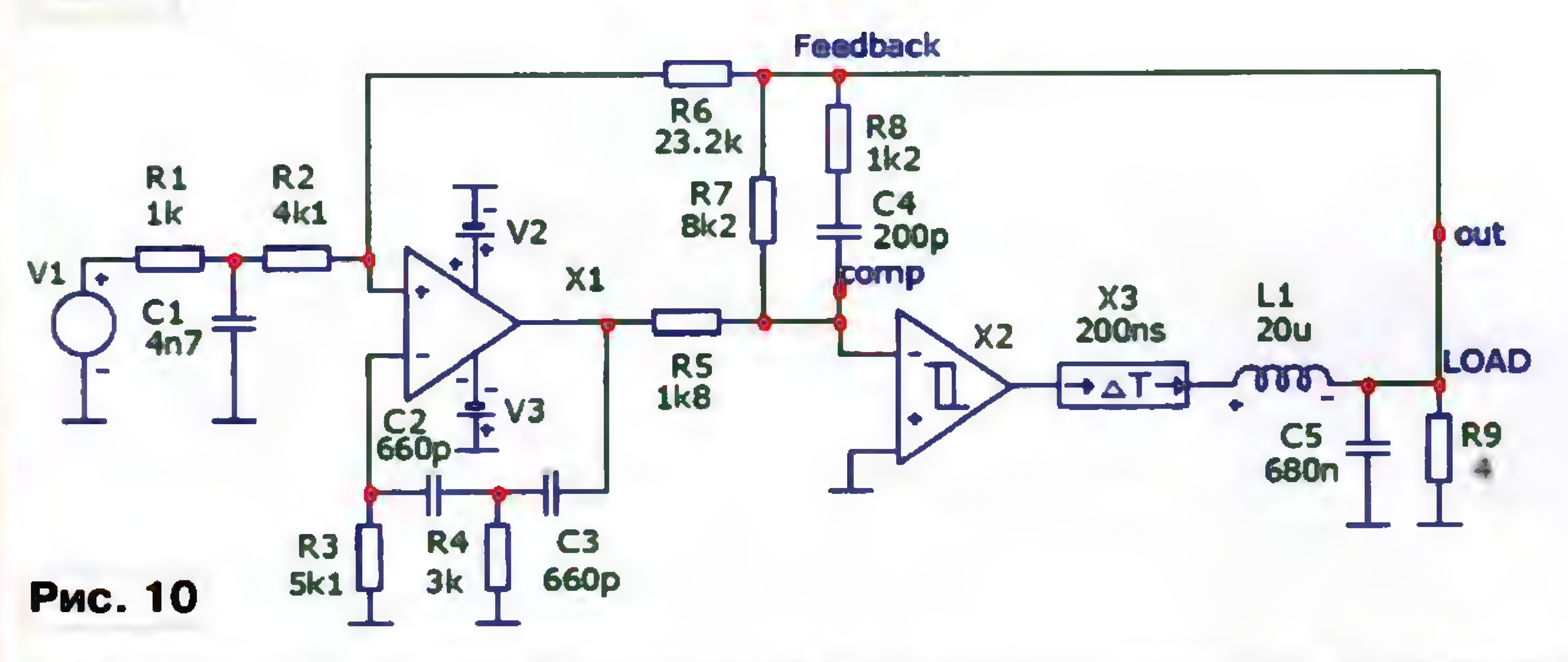


Рис. 10

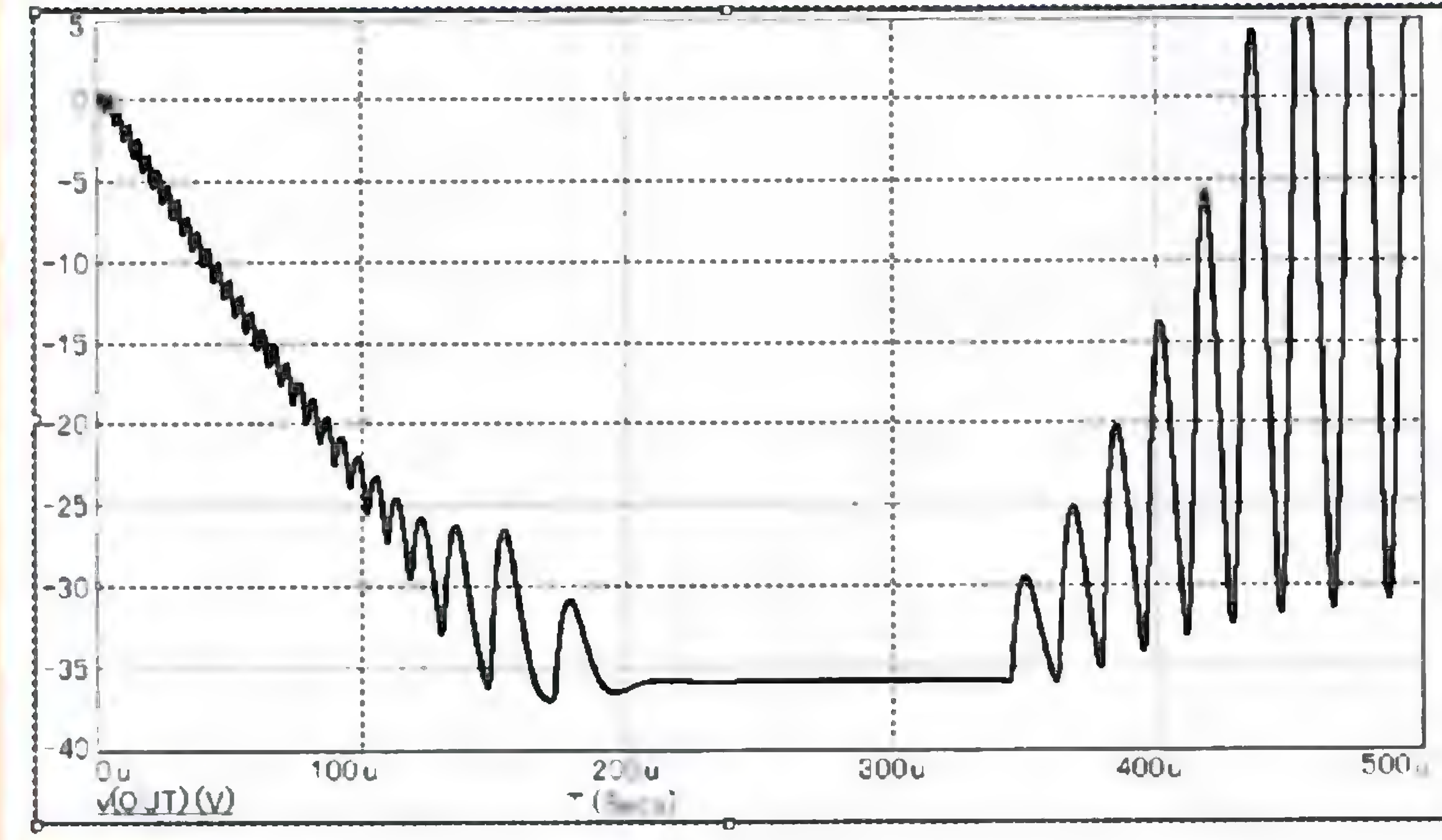


Рис. 11

ухудшающих факторов практической реализации. Результат демонстрирует линейность модуляции, а график несколько развеивает теорию, что анализ КНИ для УМ класса D мало информативен. В общем, результат в [2] и приведённый выше фактически совпадают.

В [2] указано петлевое усиление для схемы на рис. 1 на низких уровнях около 30 дБ, что довольно мало. При выбранном вначале конструктиве (микросхемах, транзисторах и выбранной схеме ОС) нельзя значительно повысить показатели. Есть мнение, что можно несколько улучшить их применением дополнительного интегрирующего звена в ОС по НЧ, как показано на **рис. 5**.

На **рис. 6** показано сравнение уровней КНИ для схемы UcD (синим), для подобной схемы, но дополненной пассивной интегрирующей цепью (зелёным), а также пассивной интегрирующей цепью и RC-цепью Цобеля на выходе (красным).

Как видно на графиках, улучшения параметров на тестовом сигнале частотой 1 кГц не наблюдается. Наоборот, ухудшение в среднем достигает 6 дБ. Возможно, позитивный эффект проявляется со снижением частоты тестового сигнала ниже 1 кГц. На практике подобное решение применили разработчики фирмы Yamaha в одном из своих УМ, но с другой конфигурацией выходного фильтра.

Для проверки работы схемы по рис. 5 был собран макет УМ, на котором были проведены измерения КНИ. Эксперимент показал, что на мощности 10 Вт и нагрузке сопротивлением 3,9 Ом нелинейные искажения составляют 0,022 %. Конкретное значение даёт возможность судить о линейности "аппаратной" части усилителя без ОС. Зная приблизительно петлевое усиление схемы, а это около 25...30 дБ, можно предположить, что без обратной связи КНИ будет соответственно на 25...30 дБ хуже. Таким образом, без ОС УМ будет работать с нелинейными искажениями до 0,4...0,6 %. С другой стороны, если довести петлевое усиление до 50 дБ, искажения можно уменьшить в 300 раз, примерно до 0,001 %.

В том же усилителе ALPINE PDX-F4 представлена схема включения активного интегратора на дополнительном ОУ. Однако примера реализации принципа импульсного усилителя с активным интегратором первого порядка, как показано на схеме **рис. 7**, не удалось найти ни в одном источнике.

На **рис. 8** приведена структурная схема УМ, критерием работоспособности которого была устойчивая генерация. При выборе номиналов уже существует сложность сохранения необходимой АЧХ усилителя и сохранения осцилляции на нужной частоте. Вычисление КНИ занимает примерно втрое больше времени, чем для предыдущей схемы.

Добавим результаты моделирования КНИ (**рис. 9**) в ранее полученный график.

Эта схема не отличается простотой настройки, так как частотозадающая цепь имеет сложные частотно-фазовые характеристики. Не сложно заметить, что интегратор одновременно является и элементом этой цепи. В отличие от схемы на рис. 2, сигнал ОС подаётся на компаратор через две цепи — R2 и R3C1. Одна из них отсутствует в схеме с активным интегратором (см. рис. 8). Причём её добавление делает схему более гибкой, значительно снижая влияние элементов интегратора на самовозбуждение и устойчивость.

Крутизну среза фильтра в цепи ОС по НЧ можно повысить с помощью дополнительных элементов (**рис. 10**), увеличив тем самым петлевое усиление. Однако в таком виде узел на ОУ X1 уже нельзя назвать интегратором.

Но с повышением петлевого усиления УМ становится нестабильным в зоне, близкой к максимальным выходным уровням, вплоть до срыва генерации (**рис. 11**), критически растёт ток через полевые транзисторы, индуктивность и нагрузку. Похожим образом проявляется реакция на входной сигнал с крутыми фронтами. Когда наступает ограничение в ВК, напряжение на выходе ОУ X1 продолжает увеличиваться вплоть до максимального уровня. Из-за возникающих при этом фазовых сдвигов ООС превращается в ПОС и нарушает нормальную работу системы.

Для напряжения питания +/–36 В нормальная частота генерации находится в пределах выходного уровня 0...30 В, а затем начинает смещаться в опасные области. К сожалению, при простом ограничении амплитуды на этом уровне резко падает коэффициент использования напряжения питания. Максимальная мощность при амплитуде сигнала 30 В достигает 110 Вт из возможных 160, т. е. всего 68 %. Что вкупе с большой вариацией бортового напряжения в автомобиле при отсутствии стабилизации в блоке питания делает такую конструкцию не слишком привлекательной.

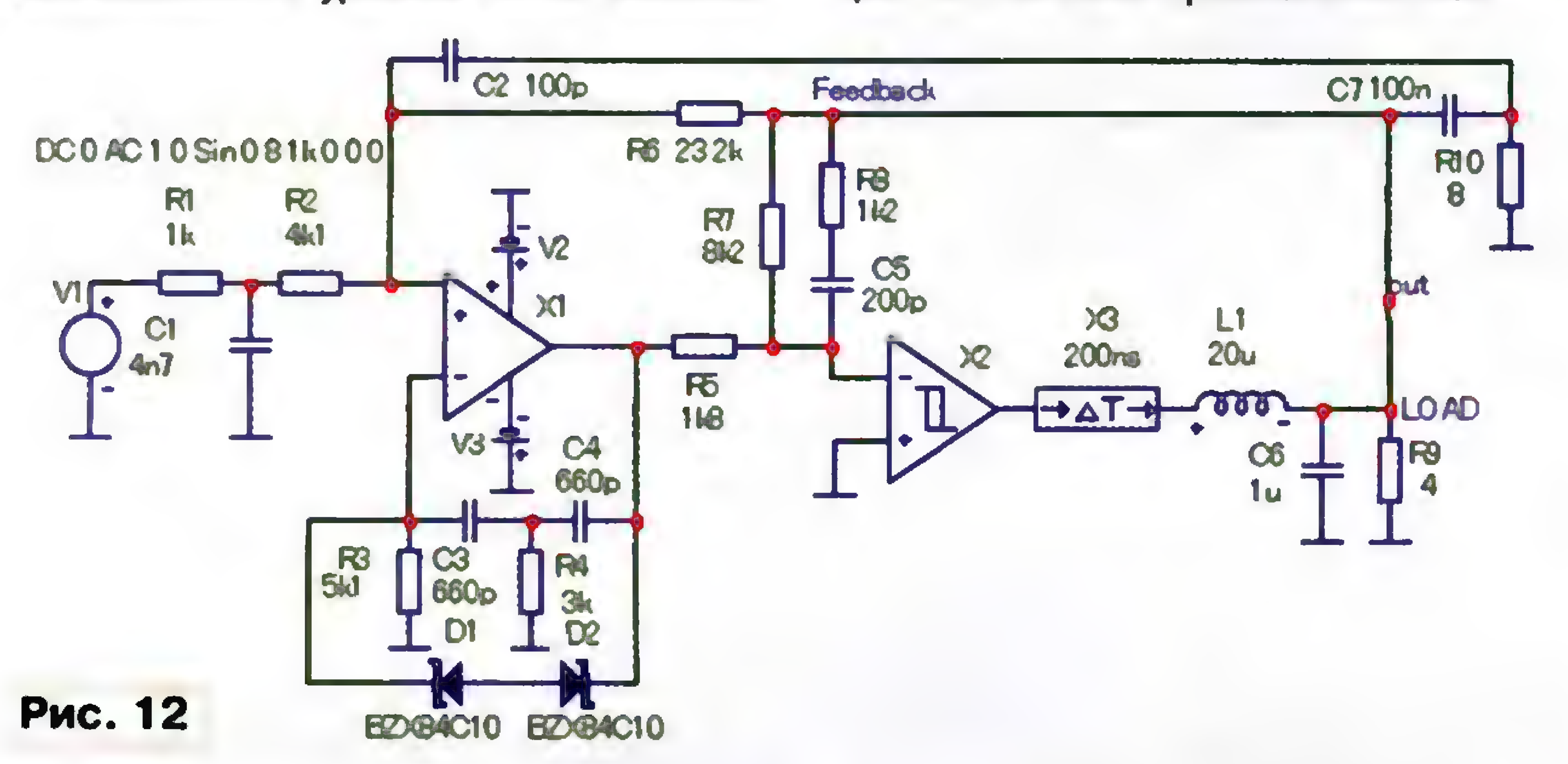


Рис. 12

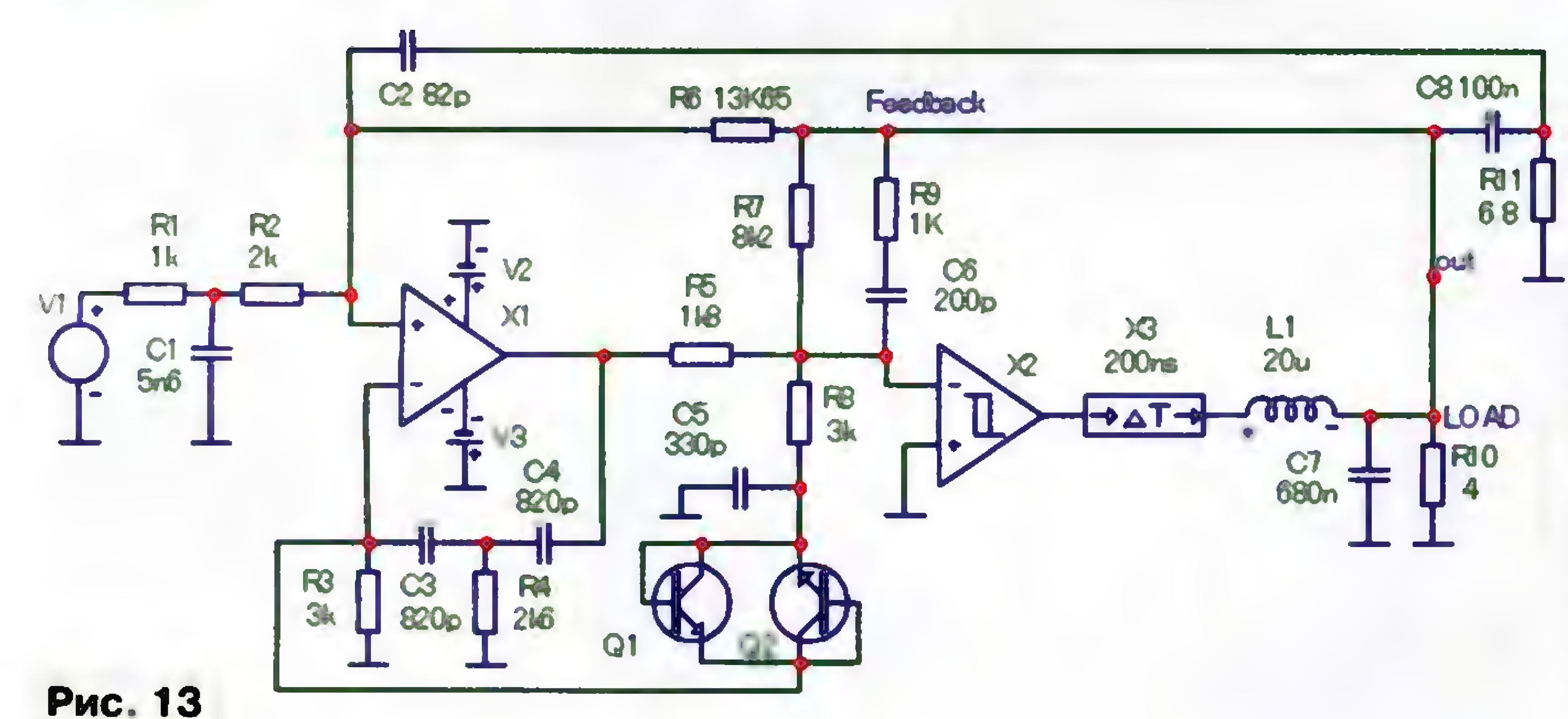


Рис. 13

Рис. 14

В [5] предложили несколько модифицированную схему, которая представлена на **рис. 12**. Введена дополнительная корректирующая цепь на C2C7R10 и ограничительные стабилитроны D1, D2.

Такое решение позволяет УМ нормально работать после выхода из ограничения, но не устраняет проблемы полностью. К тому же применение стабилитронов несколько ухудшает показатели КНИ из-за тока утечки, нивелирующего свойства "интегратора". У приборов с низким напряжением пробоя ток утечки, создающий на резисторе R3 сигнал ошибки (рис. 12), достигает единиц микроампер.

Принимая во внимание, что $K_у$ секции UcD равен 4,55 раза, а напряжение питания — 36 В, можно вычислить, на каком уровне сигнала с "интегратора" начинается ограничение в ВК. Это 36 В/4,55 = 7,91 В. Стабилитрон ближайшего номинала на 7,5 В (NXP BZV55), согласно документации, имеет ток утечки 1 мкА, который к тому же сильно зависит от напряжения. По результатам моделирования такие стабилитроны ухудшают КНИ на 25...35 дБ, использование с ними дополнительного "интегратора" теряет смысл. Стабилитроны на напряжение 10 В имеют утечку от 0,1 до 0,2 мкА, с ними КНИ ухудшается на 10...20 дБ, что в принципе не плохо, но частичное "насыщение" ОУ X1 всё равно имеет место. Потому схема была доработана, как показано на **рис. 13**. Напряжение ограничительной ОС снимается с входа компаратора через транзисторы Q1, Q2, включённые диодами (p-n переходы база—эмиттер). В таком виде утечка минимальна, кроме того, напряжение в этой точке имеет меньшую амплитуду и слабо зависит от входного. Для минимизации влияния утечки уменьшено сопротивление R3 и добавлен резистор R8. Конденсатор C5 вносит дополнительную фазовую задержку для сохранения стабильности генерации.

На **рис. 14** приведён график выходного напряжения для схем по рис. 12 и рис. 13. Чтобы сигналы не накладывались в местах совпадения, один из них сдвинут по оси напряжения на 2 В. Как видно, отсутствие "насыщения" ОУ DA1 позитивно влияет на работу УМ.

В таком виде схемы влияние на форму и крутизну кривой графика КНИ от мощности имеет тип применяемых транзисторов Q1, Q2. Ответственным является участок ВАХ прямого напряжения между 0,3 и 0,6 В. Из некоторых опробованных и доступных типов приборов наилучшие результаты по моделированию оказались у BC847. На **рис. 15** приведены графики КНИ для схем на рис. 13 (синим) и рис. 8 (красным).

Подбор номиналов элементов схемы производился для сохранения АЧХ без видимых всплесков и перегибов и ФЧХ с плавным пересечением значения 0 град. в области 300 кГц. После этого проверялась работа в зоне ограничения амплитуды. Для этого моделировалось с малым шагом (1—5 нс) выходное напряжение, по форме сигнала в районе выхода из ограничения можно судить об устойчивости УМ. Уже после этого

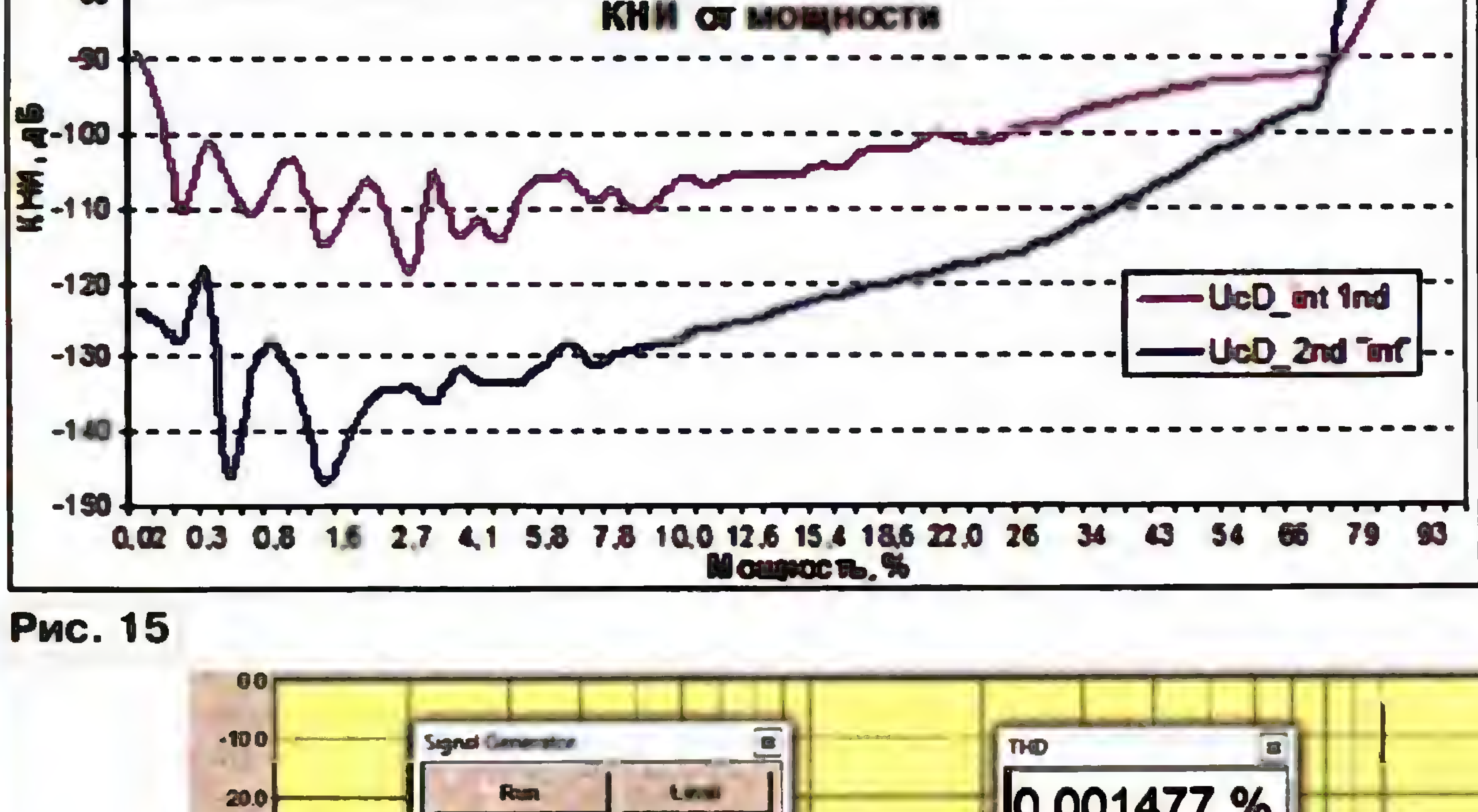


Рис. 15

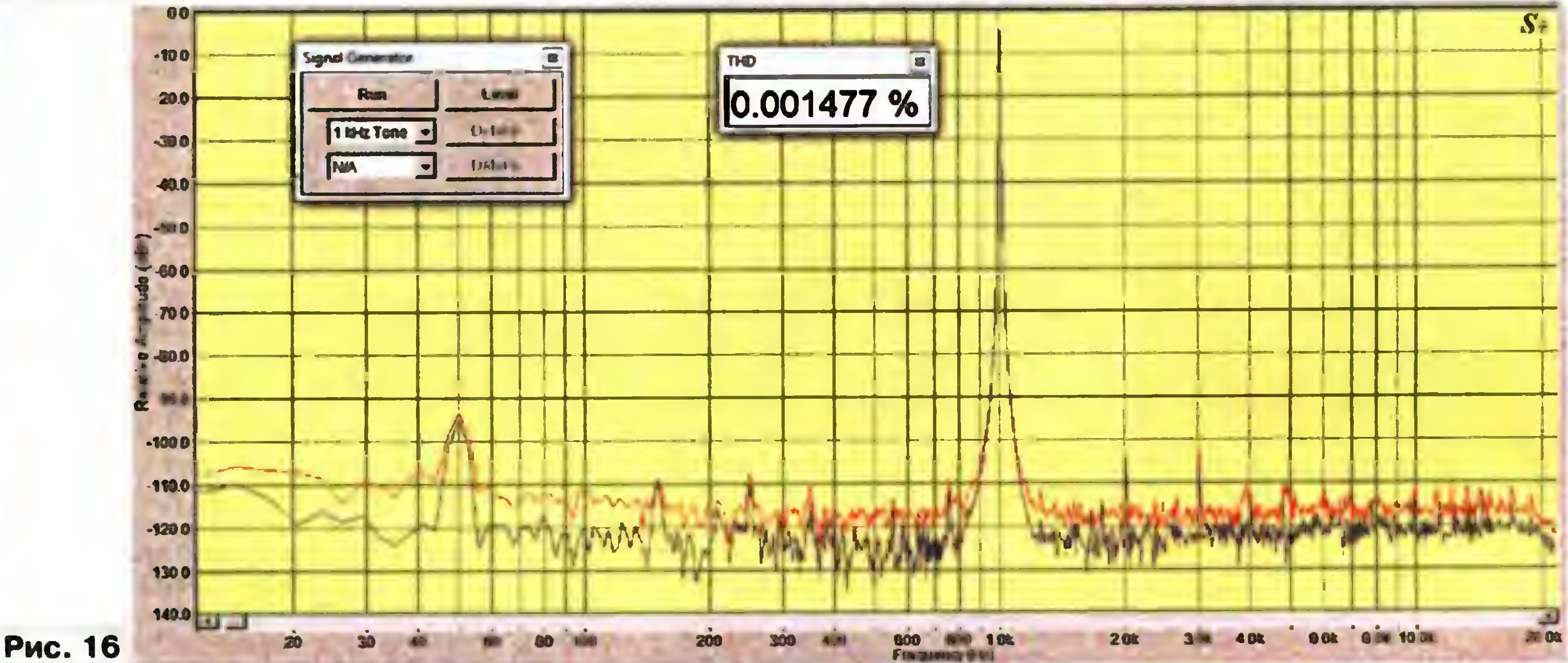


Рис. 16

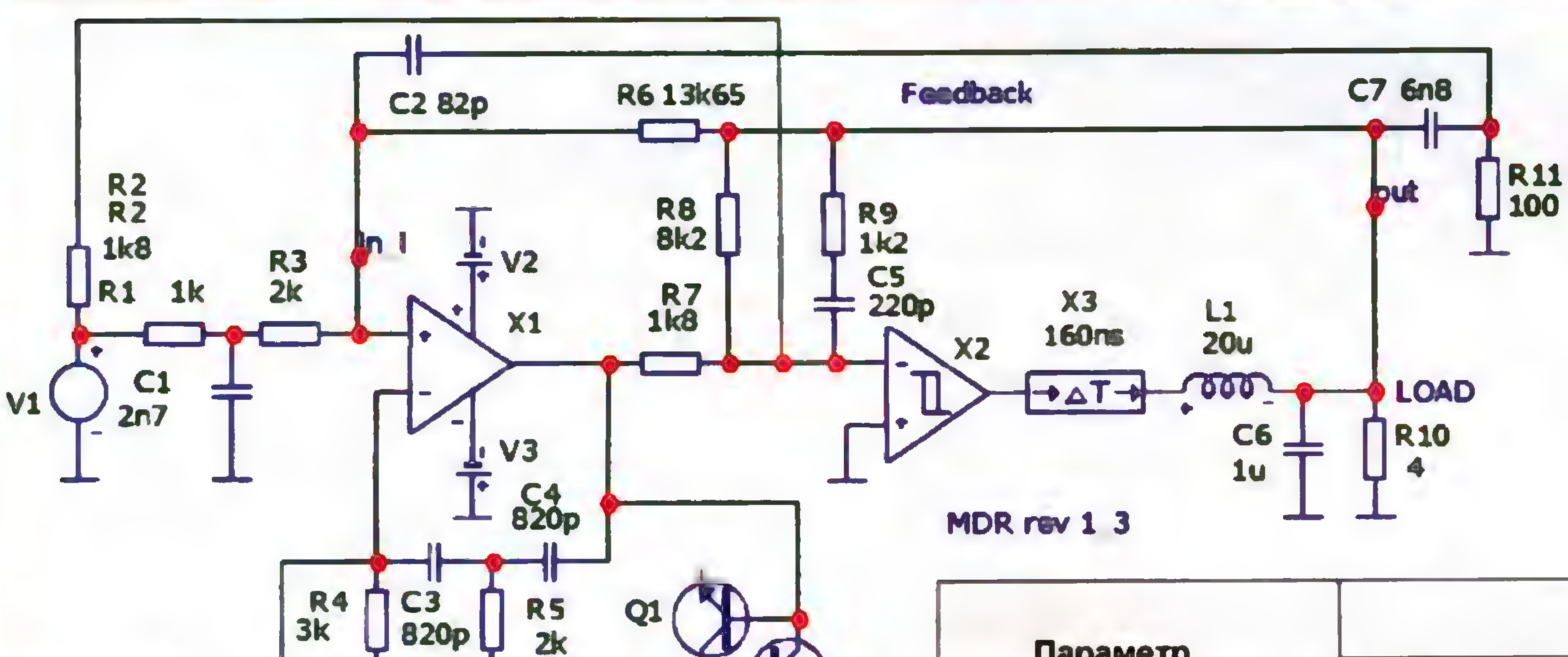


Рис. 17

Параметр	Схема			
	UcD рис. 2	UcD_1nd int рис. 8	UcD_2nd "int" рис. 10	UcD_2nd "int" рис.17
Средн. знач. КНИ, дБ	–84	–99,7	–112,5	–124,8
Петл. усиление А, дБ	30*	45,6	58,4	70,7

*Данные из [2].

моделировался график КНИ в зависимости от разных ограничителей амплитуды узла сглаживания (noiseshaper) — "интегратора". Отдельно моделировались различные схемы организации ограничения с контролем тока утечки через них в разных режимах работы.

По структурной схеме, приведённой на рис. 13, были собраны два экземпляра автомобильного усилителя и проведены измерения параметров. Были получены следующие значения искажений:

КНИ при выходной мощности 7 Вт, 1 кГц, % 0,0015
ИМИ, 19+20 кГц (4:1), при выходной мощности 5 Вт, % . . .0,0006
КНИ при номинальной мощности (40 Вт), 1 кГц, % 0,0045

Меньшее значение коэффициента ИМИ (в сравнении с КНИ) объясняется тем, что программное средство измерений автоматически добавляет к КНИ наводку 50 Гц. На **рис. 16** показан спектр выходного сигнала усилителя по схеме рис. 13 на уровне 7 Вт (красным — пиковый уровень).

Несмотря на то что результаты превзошли начальное ТЗ, устройство имело и ряд недостатков: быстрый рост КНИ выше 40 % номинальной мощности, ухудшение параметров с ростом частоты. Так, например, гармонические искажения на частоте 6 кГц и мощности 10 Вт равны 0,0055 %. Поэтому работа над совершенствованием схемотехники была продолжена. Основной идеей для модернизации послужила находящаяся в открытом доступе дипломная работа Петера Кемпа (Pieter Kemp) из ЮАР [6], одним из кураторов которой являлся небезызвестный Бруно Путзейс (Bruno Putzeys). Вероятно, что применённый в той работе метод организации ОС реализован в УМЗЧ серии N-Core фирмы Hypex Electronics [7].

При работе усилителя по схеме рис. 13 напряжение ЗЧ на выходе ОУ "интегратора" пропорционально входному и через R5 компенсирует противофазную составляющую сигнала ОС с выхода, проходящую на компаратор через резистор R7 (рис. 13). Добавление всего одного резистора между входами "интегратора" и компаратора компенсирует ЗЧ, отсекая полезный сигнал с усилителя ошибки, и значительно повышает петлевое усиление, что особенно важно на частоте выше 1 кГц. Единственное требование для функционирования подобного метода — соблюдение баланса напряжений. Номинал компенсирующего резистора должен быть равен $R7/K_у$. Кроме того, баланс должен соблюдаться во всей рабочей полосе частот, для чего требуется всего лишь перестроить фильтр на входе узла X1 таким образом, чтобы его характеристики совпадали с АЧХ секции UcD. В данном случае достаточно установить частоту среза фильтра R1C1, уменьшив ёмкость его конденсатора до 2700 пФ, примерно на 60 кГц.

Переработанная в соответствии с [6] схема представлена на **рис. 17**. График моделирования КНИ от мощности для окончательной редакции схемы приведён на **рис. 18**.

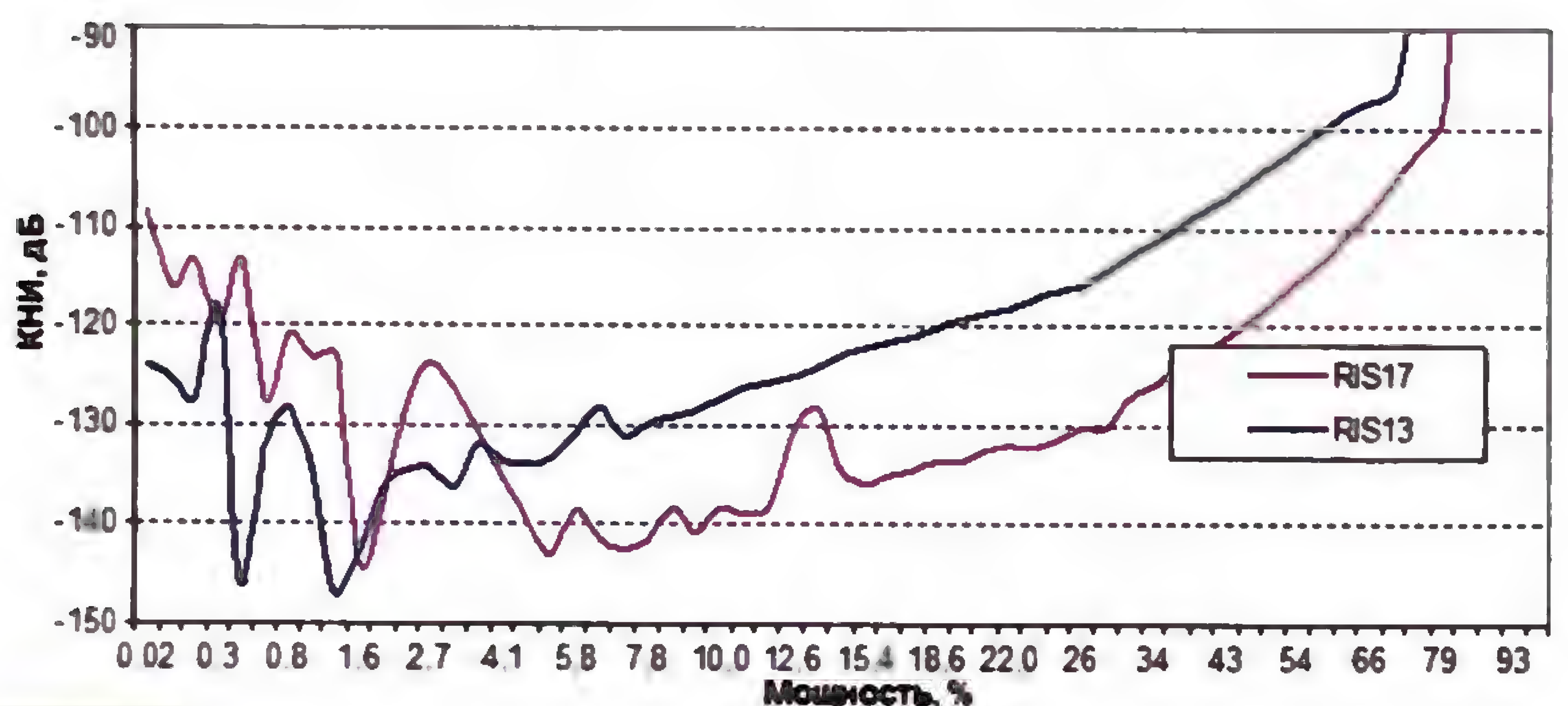


Рис. 18



Рис. 19

Средние значения КНИ в интервале выходной мощности от 4 до 88 % от ограничения дают представленные в **таблице** оценочные характеристики петлевого усиления А для четырёх вариантов схем: исходной — на рис. 2 и модификаций — на рис. 8, 10, и 17. Больший вклад в параметр А имеют значения первой половины диапазона.

Естественно, такой способ определения петлевого усиления формально не корректен, но всё же даёт возможность оценить влияние вариантов ОС на конечный результат. Учитывая, что на макете усилителя UcD измеренный КНИ составил 0,022 %, то с учётом различия на 28 дБ в петлевом усилении результирующий КНИ для схемы на рис. 13 должен составить 0,0008 %, что является отличным результатом даже для линейных усилителей, работающих в классе А.

Средствами *Microcap* можно приблизительно оценить петлевое усиление в режиме малых сигналов. График АЧХ в АС-анализе для узла на входе ОУ "интегратора" (узел in_i на рис. 17) будет пропорционален петлевому усилению А.

На **рис. 19** показана АЧХ на входе Х1 для схем на рис. 12 — синим, на рис. 13 — красным, на рис. 17 — зелёным.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ким В.** Четырёхканальный усилитель Alpine PDX-F4. — URL: **http://www.avtozvuk.com/az/2014/04/042_amp_alpine.htm** (31.03.15).

2. **Bruno Putzeys.** Simple Self-Oscillating Class D Amplifier with Full Output Filter Control. — URL: **http://www.hypex.nl/docs/papers/AES118BP.pdf** (31.03.15).

3. Protected Digital Audio Driver IRS20957S. — URL: **http://www.irf.com/product-info/datasheets/data/irs20957spbf.pdf** (31.03.15).

4. S-AES17 Low Pass Filter. — URL: **http://www.audiotech.com.tw/AES17%20Filter.htm** (31.03.15).

5. Усилители класса D. — URL: **http://forum.vegalab.ru/showthread.php?t=10958** (31.03.15).

6. **Pieter Kemp.** The Design of an Analogue Class-D Audio Amplifier Using Z-Domain Methods. — URL: **https://ir1.sun.ac.za/bitstream/handle/10019.1/20084/kemp_design_2012.pdf** (31.03.15).

7. **Bruno Putzeys.** Ncore Technology White Paper. — URL: **http://www.hypex.nl/docs/papers/ncore%20wp.pdf** (31.03.15).

(Продолжение следует)

От редакции. *Исходные файлы для анализа схем в программе Microcap10 доступны по адресу* ***ftp://ftp.radio.ru/pub/2016/01/UM_UcD.zip*** *на нашем FTP-сервере*

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

Раздел ведёт В. ГУЛЯЕВ, г. Астрахань

РОССИЯ

Четверть века исполнилось одному из ведущих подразделений ВГТРК "Радио России". Вещание станции началось 10 декабря 1990 г. Сегодня это единственная в стране федеральная радиостанция общего формата, производящая все виды радиопрограмм — информационные, общественно-политические, музыкальные, литературно-драматические, научно-познавательные, детские.

В связи с таким событием столичные ведущие отправляются в регионы передавать свой опыт и общаться с местной аудиторией. Организуются в прямом эфире радиомосты из различных регионов России.

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ. 30 октября в полночь по московскому времени по решению вещателя и в соответствии с условиями лицензии филиал РТРС "Санкт-Петербургский РЦ" начал трансляцию новой радиостанции "Страна FM" вместо ранее транслировавшейся станции "Радио Рокс" в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области.

Радиостанция "Страна FM" идёт в эфир в круглосуточном режиме со станций вещания РТРС в г. Санкт-Петербурге (частота вещания — 102 МГц), г. Выборге (частота вещания — 98,8 МГц) и в г. Луге (частота вещания — 100,8 МГц) (источник — URL: **http://spb.rtrs.ru/news/read/524/** (25.11.15)).

АЛТАЙСКИЙ КРАЙ. Филиал РТРС "Алтайский КРТПЦ" начал трансляцию региональных передач, новостей и рекламы в эфире радиостанции "Маяк" в г. Бийске. Сигнал радиостанции с местными врезками доступен 300 тыс. жителей Бийска и его окрестностей на частоте 102,7 МГц.

В организации вещания "Маяка" с региональными врезками задействована станция спутниковой связи "Сигнал-37", расположенная в г. Барнауле. Местные программы, транслируемые в эфире "Маяка", формирует ГТРК "Алтай" (источник — URL: **http://altai.rtrs.ru/news/read/364/** (25.11.15)).

БАШКОРТОСТАН. Программы радиостанции "Радио Дача" транслируются в эфире городов Сибай и Бирск. Частоты вещания — 106,8 и 105,9 МГц соответственно (источники: **http://www.krutoymedia.ru/news/2936.htm**

Примечание. *Время всюду — UTC. Время MSK = UTC + 3 ч.*

тел. 607-88-18
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

и **http://www.krutoymedia.ru/news/2920.htm** (25.11.15)).

БЕЛГОРОД. С 27-го по 30 октября специалисты филиала РТРС "Белгородский ОРТПЦ" провели монтаж антенно-фидерного устройства и оборудования радиорелейной линии на новом антенно-мачтовом сооружении областного центра для трансляции "Дорожного радио". Программы этой радиостанции доступны на частоте 106,8 МГц (источник — URL: **http://belgorod.rtrs.ru/news/read/1069/** (25.11.15)).

БУРЯТИЯ. 2 ноября радиостанция "Наше радио" появилась в эфире столицы Республики Бурятия г. Улан-Удэ на частоте 106,9 МГц (источник — URL: **http://www.nsn.fm/hots/nashe-radio-teper-i-v-ulan-ude-.php** (25.11.15)).

В настоящее время в Бурятии вещают четыре средневолновые станции:
— в с. Усть-Баргузин, частота вещания — 1602 кГц;
— в с. Новоильинск, частота вещания — 1602 кГц;
— в п. Таксимо, частота вещания — 1584 кГц;
— в п. Багдарин, частота вещания — 1278 кГц.

Отключение работающих станций планируется в первом квартале 2016 г. Ранее вещание двух средневолновых станций, работающих на частоте 1278 кГц, уже отключено в г. Кяхте и в г. Северобайкальске.

ВОЛГОГРАДСКАЯ ОБЛ. Ещё один новый для "Радио Дача" город — Жирновск, частота вещания — 102 МГц (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/2962.htm** (25.11.15)).

ИРКУТСКАЯ ОБЛ. Филиал РТРС "Иркутский ОРТПЦ" начал трансляцию передач православной радиостанции "Вера" в г. Иркутске. Вещание ведётся на частоте 88,5 МГц. Радиосигнал передатчика мощностью 5 кВт охватывает более 700 тыс. жителей областного центра и его окрестностей. Этот же филиал запустил трансляцию программ радиостанции "Маяк" в г. Братске на частоте 99,9 МГц с использованием передатчика мощностью 1 кВт (источники: **http://irkutsk.rtrs.ru/news/read/268/** и **http://irkutsk.rtrn.ru/news/read/269/** (25.11.15)).

В г. Железногорск-Илимском "Радио Дача" начала работу на частоте 87,5 МГц (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/2920.htm** (25.11.15)).

17 ноября 2015 г. радиостанция "Искатель" вышла в эфир г. Ангарска на частоте 103,1 МГц. Аудитория радиостанции — неравнодушные и любознательные слушатели в возрасте от 30 до 50 лет. Образование — среднее, высшее (источник — URL: **https://radioiskatel.ru/news/radio-iskatel-teper-i-v-angarske** (25.11.15)).

НИЖЕГОРОДСКАЯ ОБЛ. Региональная сеть "Радио Дача" увеличилась сразу на два города Нижегородской области. На частоте 107,3 МГц вещание началось в городе Шахунья, на частоте 107,3 МГц — в г. Урень (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/2978.html** (25.11.15)).

ПЕНЗЕНСКАЯ ОБЛ. Радиостанция "Своё радио", входящая в холдинг ТРК "Экспресс", прекратила вещание в Пензенской области с 1 ноября, причем не только в эфире, но и в Интернете (источник — URL: **http://penzanews.ru/society/95917-2015** (25.11.15)).

В г. Пензе в ближайшее время на частоте 96 МГц начнёт работать радиостанция "Вести FM" (источник — URL: **http://penza-post.ru/news/22-11-2015/3852** (25.11.15)).

ПРИМОРСКИЙ КРАЙ. Филиал РТРС "Приморский КРТПЦ" начал трансляцию "Радио России" в краевой столице — г. Владивостоке на частоте 102,1 МГц. В эфире "Радио России" доступны местные программы (источник — URL: **http://vladivostok.rtrn.ru/news/read/223/** (25.11.15)).

К региональной сети "Радио Дача" присоединился г. Находка, частота вещания — 103,9 МГц (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/2948.htm** (25.11.15)).

СВЕРДЛОВСКАЯ ОБЛ. 22 октября в г. Нижнем Тагиле началось вещание двух радиостанций холдинга "Krutoy Media". На частоте 99,2 МГц заработала радиостанция "Love Radio", на частоте 107,7 МГц — "Радио Дача" (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/2892.htm** (25.11.15)).

ТАМБОВСКАЯ ОБЛ. К региональной сети "Радио Дача" присоединился г. Мичуринск, частота трансляции — 105,7 МГц (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/2880.htm** (25.11.15)).

ТОМСКАЯ ОБЛ. 18 ноября 2015 г. филиал РТРС "Томский ОРТПЦ" начал трансляцию радиостанции "Вести FM" в областном центре. Радиопрограммы доступны на частоте 91,1 МГц. Используется передатчик мощностью 1 кВт (источник — URL: **http://tomsk.rtrn.ru/news/read/175/** (25.11.15)).

УЛЬЯНОВСКАЯ ОБЛ. Филиал РТРС "Ульяновский ОРТПЦ" завершил монтаж радиовещательной антенны для трансляции программ "Радио России" в эфире г. Ульяновска. Выход в эфир "Радио России" запланирован 15 ноября 2015 г. на частоте 89,6 МГц (источник — URL: **http://ulyanovsk.rtrs.ru/news/read/147/** (25.11.15)).

ЯМАЛО-НЕНЕЦКИЙ АВТОНОМНЫЙ ОКРУГ. 18 ноября 2015 г. радиостанция "Наше радио" начала вещание в одной из нефтегазовых столиц России г. Ноябрьске. Это второй по численности населения (после Нового Уренгоя) город Ямало-Ненецкого автономного округа РФ и один из самых юных городов страны — ему всего 40 лет. Частота вещания "Нашего радио" в г. Ноябрьске — 106,9 МГц (источник — URL: **http://nsn.fm/hots/ nashe-radio-teper-i-v-noyabrske-.php** (25.11.15)).

ЯРОСЛАВСКАЯ ОБЛ. 17 ноября 2015 г. на частоте 102,4 МГц радиостанция "Радио Дача" появилась в эфире г. Рыбинска (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/2962.htm** (25.11.15)).

ЗАРУБЕЖНЫЕ РАДИОСТАНЦИИ

БЕЛАРУСЬ. Радиостанция "Беларусь" в зимнем вещательном сезоне ведёт свои трансляции:
— с 11.00 до 23.00 — на частоте 11730 кГц;
— с 17.05 до 23.00 — на частоте 11930 кГц;
— с 16.00 до 18.00 — на частоте 1170 кГц.

На русском языке программы транслируются с 14.00 до 16.00 и с 22.00 до 23.00 (источник — URL: **http://www.radiobelarus.tvr.by/** (25.11.15)).

ИНДИЯ. "Всеиндийское радио" ("All India Radio", AIR) на русском языке с неизменными индийскими песнями вещает с 16.15 до 17.15 ежедневно на частотах 9595, 11620(DRM) и 15140 кГц.

ПРИДНЕСТРОВСКАЯ МОЛДАВСКАЯ РЕСПУБЛИКА. Для улучшения качества сигнала с 21 октября 2015 г. вещание "Радио Приднестровья" переведено на следующие частоты: Каменский район — 106,4 МГц, Григориопольский и Дубоссарский районы — 106 МГц.

В остальных городах и районах республики информационно-музыкальная станция для людей старшего поколения "Радио Приднестровья" продолжит вещание на частоте 105 МГц (источник — URL: **http://novostipmr.com/ru/news/15-10-21/s-1300-radio-pridnestrovya-budet-perevedeno-na-drugie-chastoty-v** (25.11.15)).

США. "Всемирное радио адвентистов" транслирует программы религиозно-познавательного содержания в коротковолновых диапазонах на русском языке в зимнем сезоне:
— с 11.00 до 11.30 — на частоте 9460 кГц;
— с 20.00 до 20.30 — на частоте 9760 кГц.

Со вторника по четверг включительно программы под общим названием "Голос надежды" звучат на частотах "Радио России" с 02.50 до 02.57.

ТУРЦИЯ. "Голос Турции" вещает на русском языке ежедневно с 14.00 до 15.00 на частоте 9410 кГц.

Хорошего приёма и 73!

Радиоприёмник PL-660 и его доработка. Часть 4

ХАЙО ЛОХНИ, Германия/Россия, г. Гай Оренбургской обл.

Доработка УКВ-тракта

Если в S-2000 я воспринимал диапазон УКВ как полезное приложение, то в карманном приёмнике PL-660 приём УКВ имеет высокий приоритет. Видимо, это понимали и разработчики и поэтому заложили хорошие схемные решения. Даже в заводском исполнении PL-660 отличается в своей ценовой категории в лучшую сторону. Тем не менее в борьбе за низкую цену пришлось, видимо, сделать некоторые упрощения, и мы в доработке возвратим недостающие элементы. Немалый эффект уже дала доработка антенного коммутатора. В данном разделе много полезного материала найдётся и для владельцев S-2000.

Фильтры ПЧ УКВ-тракта

Для проверки АЧХ тракта ПЧ УКВ-диапазона можно применить ранее предложенный измеритель АЧХ (**Лохни Х.** Доработка радиоприёмника TECSUN-2000. Часть 4. — Радио, 2014, № 12, с. 11—16), если его немного доработать. Надо заменить задающий конденсатор ГУНа (C1) на два, соединённых параллельно: постоянный ёмкостью 180 пФ и подстроечный с максимальной ёмкостью до 40 пФ. ФНЧ на элементах C8,C9,C10,L2 отключают, и в обход его устанавливают проволочную перемычку между правым по схеме выводом резистора R12 и переменным резистором R25 и резистором R21. Конденсатор C6 удаляют. Налаживание проводят согласно приведённому описанию. Для осциллографа потребуется ВЧ-щуп с полосой пропускания до 60 МГц и входной ёмкостью не более 5 пФ, современные делители 10:1 это обеспечивают.

Приёмник PL-660 в диапазоне УКВ ЧМ потенциально должен обладать очень хорошей избирательностью, поскольку в нём применены три пьезофильтра серии SFE, в каждом из которых по два резонатора, итого — шесть. В налаженном виде такую конструкцию можно считать высшим классом. Все приведённые далее АЧХ сняты с центральной частотой 10700 кГц, разрешение по горизонтали — 50 кГц/деление и линейный масштаб.

Для измерений АЧХ фильтров можно подключиться к первому УПЧ на транзисторе Q8. На **рис. 4.1** показана эта часть схемы УКВ-тракта после смесителя. В заводской компоновке второй и третий пьезофильтры (на плате они рядом с микросхемой HQ8953) должны быть одинаковыми, без расхождения центральной частоты и АЧХ. В PL-660 они имеют маркировку красным цветом. У фирмы MURATA это означает, что центральная частота — 10700 ± 30 кГц. Согласно паспорту, фильтры F10,7S имеют полосу пропускания 280 кГц, и комбинация из двух настроенных раздельных фильтров даст полосу пропускания примерно 210 кГц по уровню −6 дБ. АЧХ должна быть колоколообразной — это одна из предпосылок для получения равномерной задержки сигнала при прохождении через фильтры. Нарушение этого требования приводит к появлению присвистов в сигнале ЗЧ.

Сигнал от измерительного генератора подают через последовательно соединённые конденсатор ёмкостью 10 нФ и резистор сопротивлением 100...500 Ом на эмиттер транзистора Q8. Его базу временно соединяют с общим проводом через конденсатор С (с выводами длиной не более 10 мм). Для наблюдения АЧХ щуп подключают через резистор сопротивлением 100...470 Ом непосредственно к выходу каждого из пьезофильтров CF4 и CF5 (см. рис. 1.1). В моём приёмнике с этими фильтрами всё было идеально.

Входной узел тракта ПЧ содержит согласующий контур T9, подключённый к выходу смесителя на микросхеме IC1, фильтр CF1 и усилитель на транзисторе Q8 (см. рис. 4.1). У транзистора практически отсутствует стабилизация тока покоя, так как резистор R34, задающий ток базы, напрямую подключён к линии питания. Его удаление и установка резистора R3н обеспечат высокую стабильность работы. Заодно на плате освобождается место для элементов согласования фильтра.

Асимметрия и выбросы в АЧХ "нашлись" в первом фильтре CF1 тракта ПЧ (**рис. 4.2**). Причина оказалась в его неправильном согласовании. Фильтр L10.7A имеет полосу пропускания 350 кГц, что сочетается с последующими фильтрами. Форма АЧХ зависит от согласования, и требуемое значение импеданса на ±30 % может отличаться от паспортного номинала 330 Ом. Центральная частота зависит от сопротивления источника сигнала и нагрузки,

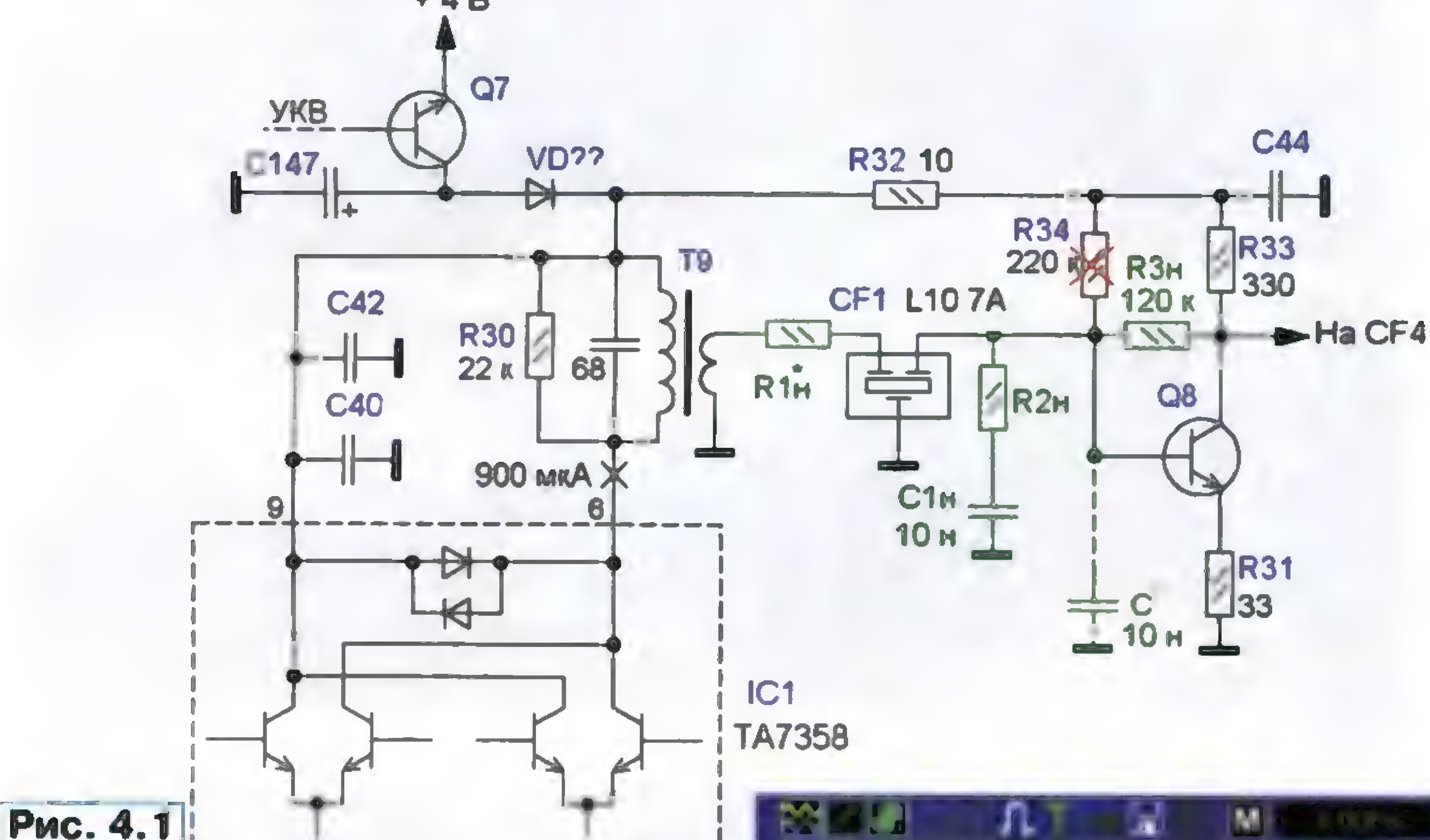


Рис. 4.1

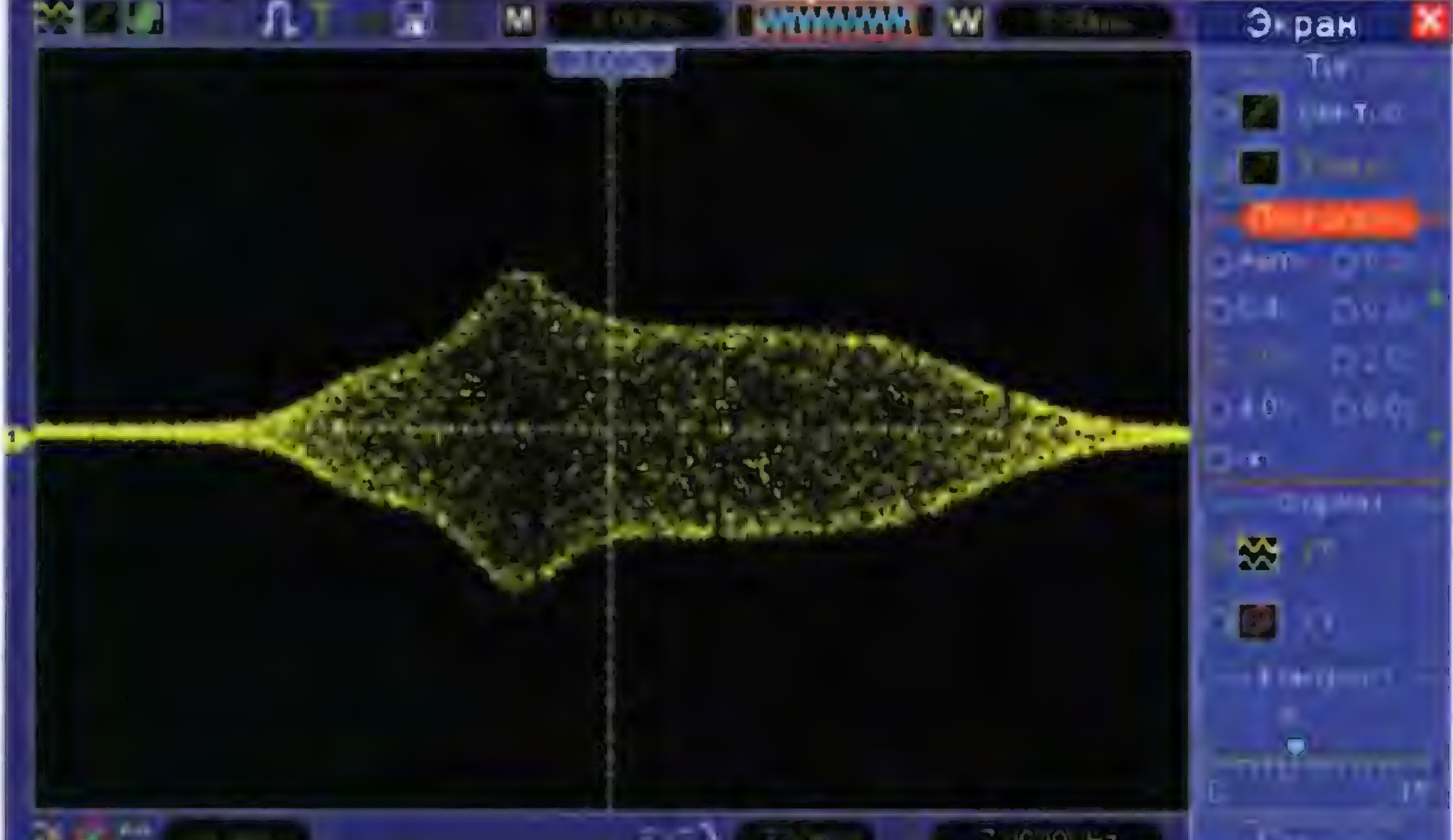


Рис. 4.2

Окончание. Начало см. в "Радио", 2015, № 10—12

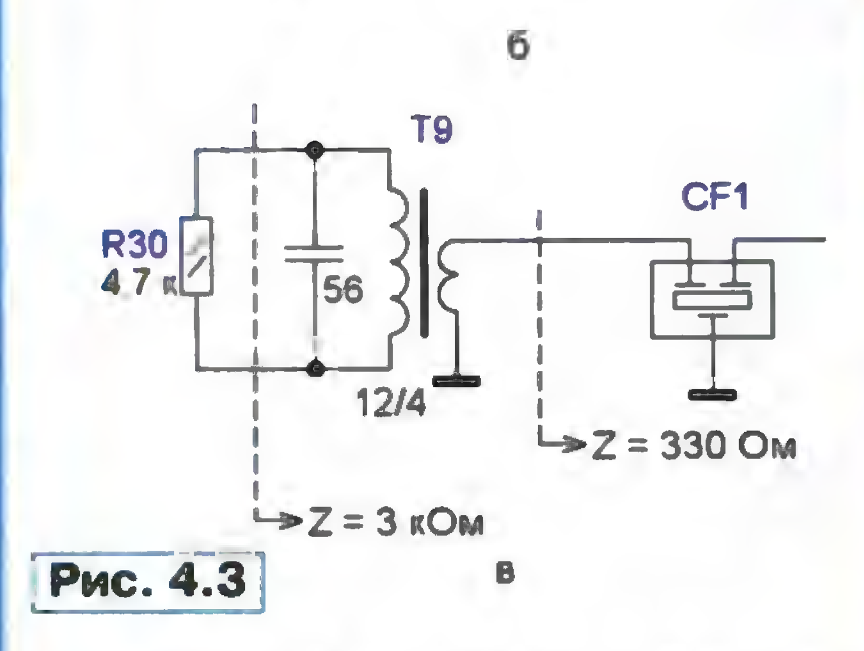


Рис. 4.3

а изменить её на ±50 кГц можно настройкой их активной части. Увеличение ёмкостной составляющей увеличивает добротность резонаторов, что приводит к более сильной связи между ними. Из-за этого образуется плоская вершина, вплоть до впадины до 2 дБ, но в тракте ЧМ это совсем не нужно.

Для снятия АЧХ сигнал от ГКЧ подают через резистор сопротивлением около 5 кОм прямо на вход фильтра CF1 и снимают с эмиттера транзистора Q8. Для предотвращения самовозбуждения усилителя щуп подключают через резистор сопротивлением 10...51 Ом.

Центральная частота фильтра завышена на 50 кГц (на одно деление), что говорит о завышенном сопротивлении согласования, а пик на частоте −70 кГц указывает на проблему с реактивной частью импеданса. Оказывается, что транзистор Q8 (СВЧ с усилением 30 дБ на частотах менее 100 МГц) за счёт резистора R31 создаёт нагрузку для фильтра более 1 кОм, вместо требуемых 330 Ом. Хотя это можно просто исправить, замкнув резистор R31 (как в PL-600 и S-2000), делать этого не стоит. Этот резистор создаёт ООС, что линеаризует усилитель и обеспечивает стабильное усиление каскада 16 дБ для полезного сигнала. С током коллектора 2 мА данный каскад "справится" с сигналами размахом до 100 мВ. В городских условиях такой уровень не редкость.

Поэтому предлагаются три варианта доработки, отличающиеся по сложности и результату (**рис. 4.3**). **Первый** вариант (рис. 4.3,а) — самый простой, он обеспечивает наибольшее усиление, но в городских условиях это может привести к помехам из соседнего канала. Контур T9 составлен из катушки индуктивности (3 мкГн) и встроенного конденсатора ёмкостью 68 пФ. Обмотки содержат 11 и 2 витка. Собственное резонансное сопротивление контура — 20 кОм, с учётом резистора R30 оно будет 10,5 кОм. Следовательно, на вторичной обмотке импеданс составляет 1/30 этого значения, т. е. около 345 Ом. Но радоваться рано, поскольку добротность контура — около 50, т. е. всё сказанное имеет место только в узком диапазоне ±110 кГц, а за его пределами импеданс стремительно падает. Но для получения номинальной АЧХ фильтра CF1 надо обеспечить этот импеданс в более широкой полосе, не менее чем в три раза больше полосы пропускания пьезофильтра. Компромиссное решение проблемы — установка резистора R1н. Приемлемая форма АЧХ получилась в моём приёмнике при R1н = 220 Ом. Его подборкой можно в небольших пределах подстроить центральную частоту. В некоторых приёмниках семейства этот резистор присутствует в заводском варианте.



Рис. 4.4

На выходе пьезофильтра устанавливаем элементы R2н и C1н (выводные), подбирая резистор, корректируем центральную частоту полосы пропускания, затем устанавливаем элементы для поверхностного монтажа (**рис. 4.4**). У меня получилась идеальная форма АЧХ (**рис. 4.5**) первой секции с резистором R2н = 390 Ом на центральной частоте 10700 кГц. В тракте УКВ имеется избыточное усиление, и потери 6 дБ от проведённого согласования не ухудшают приём. Даже за городом приёмник реа-

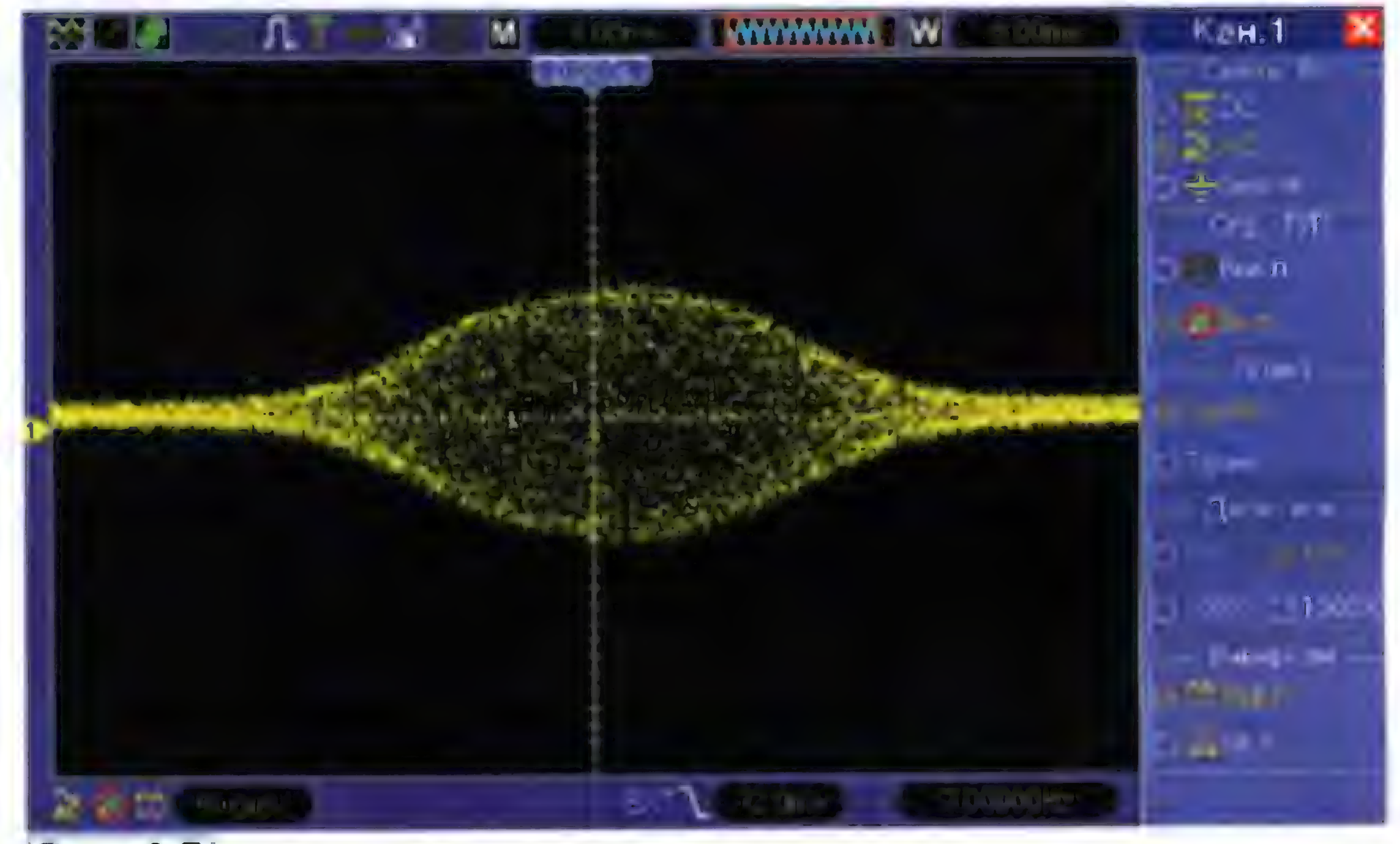


Рис. 4.5

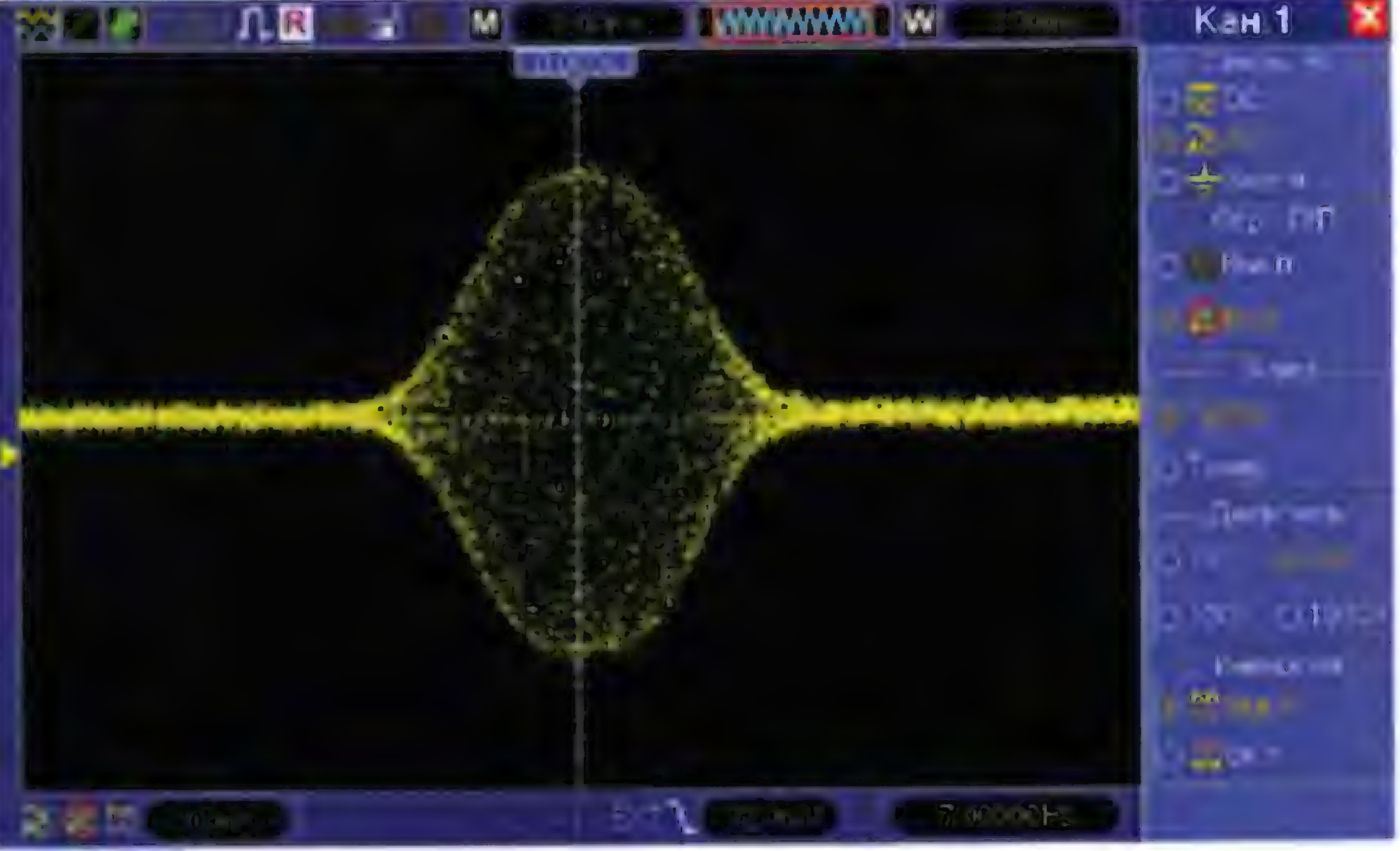


Рис. 4.6

тел. 607-88-18
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

гирует небольшим увеличением шумов на выдвижение телескопической антенны. Слабые сигналы выделяются из шума чистым легким звучанием.

Сквозная АЧХ (полоса пропускания — 160 кГц по уровню –6 дБ) всех трёх фильтров получилась красивой (**рис. 4.6**) и подходящей для качественного приёма в режимах "MONO" и "DX", а в городских условиях ввиду высокого уровня сигналов приём в режиме "STEREO" не страдает. Для полноценного Hi-Fi-приёма полоса пропускания по уровню –3 дБ должна быть не менее 258 кГц. Но в приёмниках семейства применяемый ЧМ-детектор на одном LC-контуре не способен на линейное детектирование такого широкополосного сигнала.

К сожалению, нередко в инженерной практике бытует ошибочный подход к разработке ЧМ-приёмников применительно к функции ограничителя амплитуды сигнала. Даже в учебной литературе нередко присутствует упрощённый взгляд, что при приёме ЧМ- и ФМ-сигналов надо как можно раньше приступить к ограничению амплитуды, якобы для исключения импульсных помех. Это большое заблуждение и справедливо только при присутствии в тракте исключительно полезного сигнала и слабых широкополосных помех, как, например, белый шум или короткие импульсы.

Но если мы имеем дело с живой городской обстановкой на УКВ, требуется линейность тракта до главного фильтра в УПЧ, чтобы сигналы не влияли друг на друга. Можно даже обойтись без АРУ, применив многокаскадную структуру, в которой чередуются фильтры и "линейные" ограничители (линейные усилители ниже порога ограничения, а в режиме ограничения — не меняющие свои импедансы). Впервые удачно и массово это было реализовано в 90-е годы прошлого века на микросхеме NE604. В PL-660 также пошли по этому пути, но не совсем правильно. Вернее, неправильно начали с самого начала.

В микросхемах TA7358 (на них собрано почти всё семейство приёмников) беда начинается с выхода смесителя, на котором встречно-параллельно установлены два ограничительных диода (см. рис. 4.1). С учётом слабой избирательности LC-контура (Q = 50), кроме полезного сигнала, на нем могут присутствовать достаточно мощные сигналы из соседних каналов. Они не должны открывать диоды, потому что иначе от полезного сигнала мало что останется. При напряжении питания 3,3 В (PL-660) коллекторный ток покоя двух транзисторов смесителя на выводе 6 микросхемы — 900 мкА. У смесителя на ячейке Гильберта линейный суммарный размах выходного тока — не более ±25 % (±225 мкА) от тока покоя. Каждому боковому сигналу достанется только половина этого (до ±112 мкА). При балансной схеме включения этот ток можно увеличить вдвое, но в смесителе задействован только один вход дифференциального усилителя микросхемы TA7358. Чтобы диоды не открывались, напряжение всех сигналов не должно превышать 0,3 В. Значит, на выводе 6 на частоте 10,7 МГц должна быть нагрузка не более 2,5...3 кОм, чтобы обеспечить линейность, так как на частотах более 70 МГц сопротивление нагрузки близко к нулю. В заводской схеме имеем 10,5 кОм, а это уменьшение динамического диапазона на 12 дБ.

Второй вариант — частичная доработка заводского LC-контура T9 (см. рис. 4.3,б) для получения индуктивности катушки 0,95 мкГн с контурной ёмкостью 220 пФ. Отмотав у заводского фильтра от верхней (первичной) обмотки пять из 11 витков, получим новый фильтр, у которого изменился коэффициент передачи на 6:2 или 3:1 по напряжению и 9:1 по сопротивлению. Уменьшив сопротивление резистора R30 до 10 кОм, доведём резонансное сопротивление контура до 2,67 кОм и получим выходное сопротивление 290 Ом на вторичной обмотке. Этот контур имеет добротность Q = 45, поэтому я установил R1н = 150 Ом и R2н = 470 Ом. В итоге получилась АЧХ, показанная на **рис. 4.7**. Получились полоса пропускания по уровню –6 дБ 300 кГц и линейная зависимость группового времени задержки от частоты.

Данный вариант из-за добротности контура T9 не может решить проблему меняющегося согласования импеданса, только расширяется динамический диапазон смесителя. Итоговая АЧХ (**рис. 4.8**) всего тракта ПЧ ЧМ выглядит очень красиво — жаловаться не на что (200 кГц при –6 дБ), и отсутствует смещение центра. При уменьшении входной ёмкости щупа до 1 пФ неравномерность на максимуме АЧХ полностью исчезла.

Предыдущие методы просты в реализации, но имеют недостаток — искажения АЧХ и ФЧХ от непостоянного по частоте импеданса LC-контура. Более качественную ФЧХ можно получить, если уменьшить добротность контура до 10. Если к этому добавить требование к нагрузке смесителя, то нужен LC-контур с катушкой индуктивности 3,8 мкГн и конденсатором 56 пФ с суммарным резонансным сопротивлением 3 кОм — это **третий** вариант (рис. 4.3,в). Первичная обмотка должна содержать 12 витков, вторичная — 4 витка. В результате получается импеданс 330 Ом в полосе

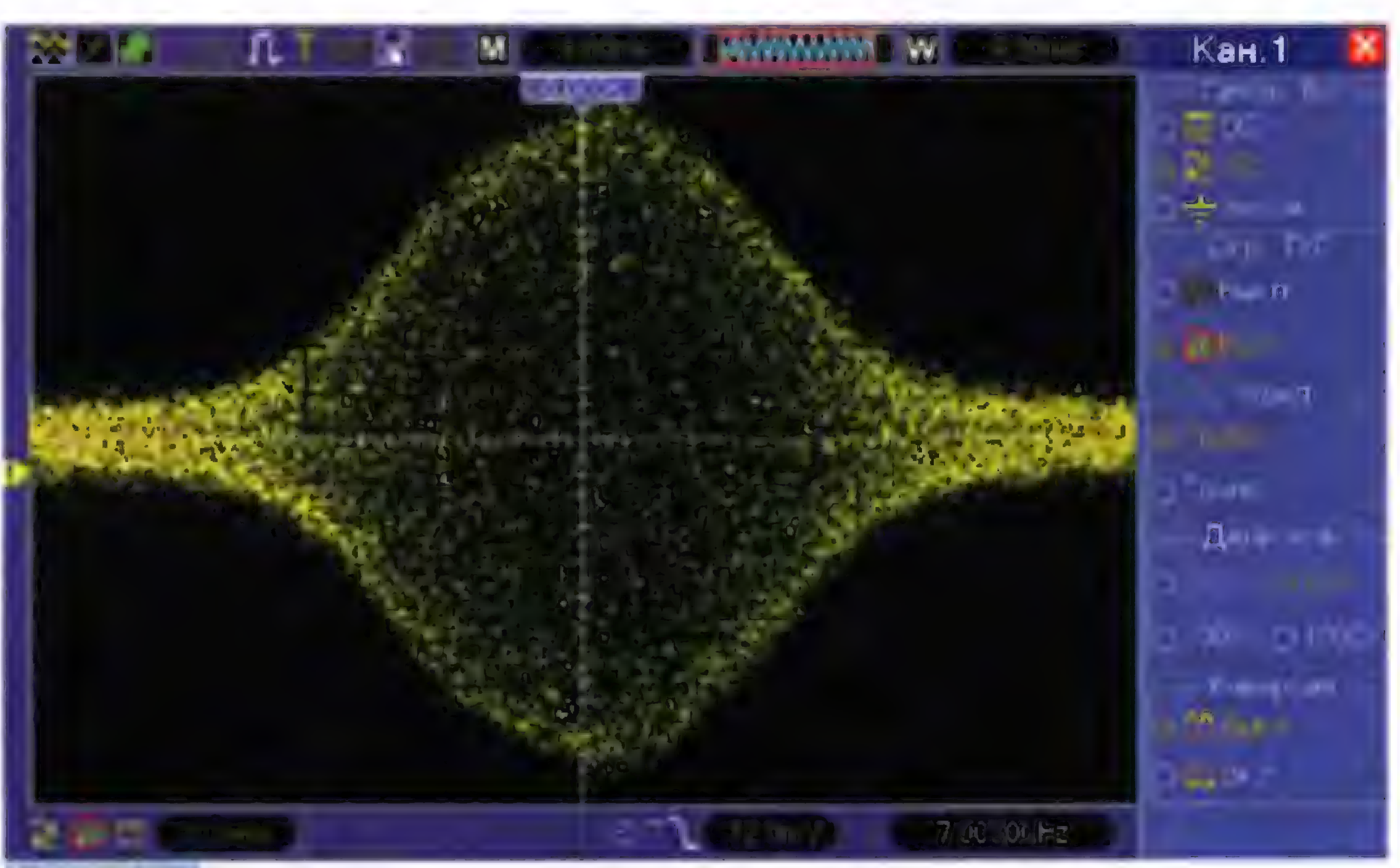


Рис. 4.7

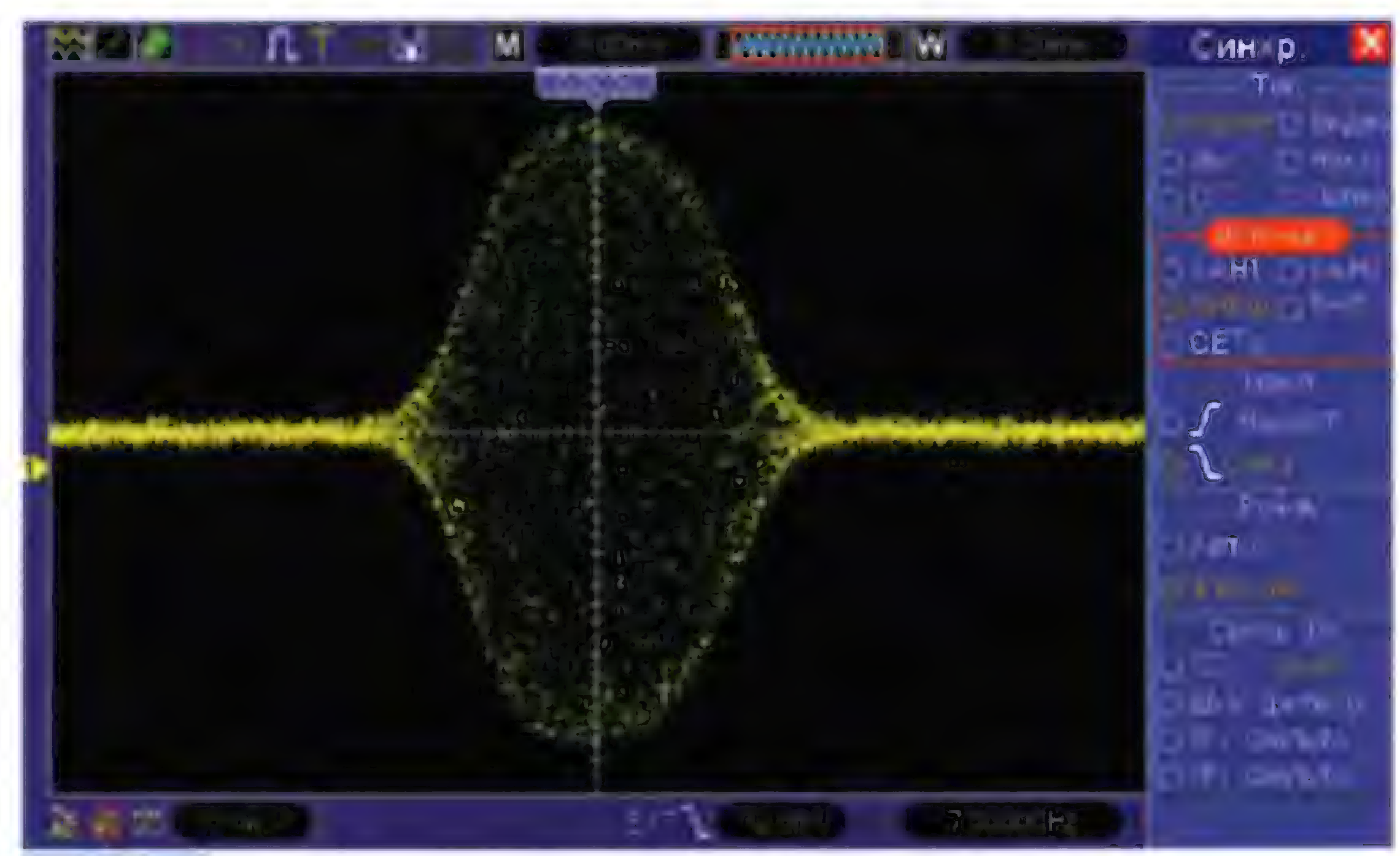


Рис. 4.8

пропускания ±500 кГц, поэтому резистор R1н уже не нужен. Подборкой резисторов R2н и R30 можно получить требуемую центральную частоту. Подстроечником катушки корректируют только форму АЧХ. Этот вариант интересен фанатам классической музыки с прослушиванием на головные телефоны. В результате этой доработки усиление приёмника не уменьшилось, чувствительность осталась прежней, а помехоустойчивость увеличилась.

ЧМ-детектор

Если кто-то помнит "старые добрые" ЧМ-детекторы (дискриминаторы) на связанных контурах и диодах, там первый контур настраивали по максимуму амплитуды сигнала ПЧ, а второй — по минимуму шума при отсутствии сигнала. Такая настройка обеспечивала одновременно минимум искажений детектируемого сигнала. Похожее схемное решение применялось и в 80-е годы прошлого века в специализированных микросхемах тракта ПЧ ЧМ, в которых использовалась симметричная детекторная схема (микросхемы TBA120, TDA1047 и CA3089). Его можно было на слух настроить по минимуму шума. Позже изготовители микросхем пожертвовали этой симметричностью для выигрыша двух-трёх выводов на корпусе, предназначенных для дополнительных функций. Теперь в ЧМ-детекторах микросхем применяется не совсем симметричная схема с одиночным контуром или пьезокерамическим резонатором, и настройка по наименьшему шуму при слабых сигналах не совпадает с настройкой по лучшей линейности. Мало того, что характеристика этих упрощённых дискриминаторов несимметрична, но нет и точки, в которой имеется минимум искажений. Да, так сегодня печально работают приёмники высокого класса, и зря мучаются фанаты конструирования УМЗЧ, чтобы воспроизвести искажения ЧМ-детектора (нередко 1...3 %) с уровнем 0,001 %. Поэтому в PL-660 с помощью измерителя АЧХ настроим дискриминатор так, чтобы он обеспечил в диапазоне частот ±100 кГц от центральной характеристику с наименьшим отклонением от линейной.

Настройку "вслепую на слух" (если нет другой возможности) начнём с нахождения минимума по шуму (при отсутствии сигнала) и потом повернём подстроечник дискриминаторной катушки индуктивности ещё на 20...30° по часовой стрелке — это мой опыт в S-2000 и в PL-660. Параллельно контуру можно установить резистор (10...100 кОм), который уменьшает добротность и тем самым немного улучшает линейность, но, к сожалению, при этом уменьшается амплитуда сигнала ЗЧ. При приёме мощного и чистого сигнала радиостанции со стереосигналом на выходе детектора (вывод 32 микросхемы HQ8953) устанавливают выходной сигнал размахом 1,2...1,5 В. 1,8 В — это предел для стереодекодера микросхемы TA7343 при напряжении питания 5 В. Если сигнал будет менее 300 мВ, возникнут проблемы с распознаванием пилот-тона частотой 19 кГц.

Налаживание перестраиваемого полосового фильтра

Схема перестраиваемого фильтра (**рис. 4.9**) взята из телевизионных тюнеров. Для S-2000 обозначения элементов показаны в скобках. В S-2000 фильтр изначально был разработан правильно, с промежуточным УВЧ, но его элементы на плате не установлены, и две секции (из двух контуров каждая) напрямую соединены через конденсатор Cx. В PL-660 этот усилитель изначально не предусмотрен. Энтузиастам УКВ-DX можно порекомендовать установить этот усилитель в S-2000 (на плате № 2), если до ближайшего УКВ-передатчика более 50 км. Но следует учесть, что входной усилитель в микросхеме TA7358 не очень помехоустойчивый и весь тракт не рассчитан на большой динамический диапазон. Подойдут СВЧ-транзисторы BFR93, BFS17 (2Q2) в корпусе SOT-23-3 и подобные, которые не склонны к самовозбуждению при

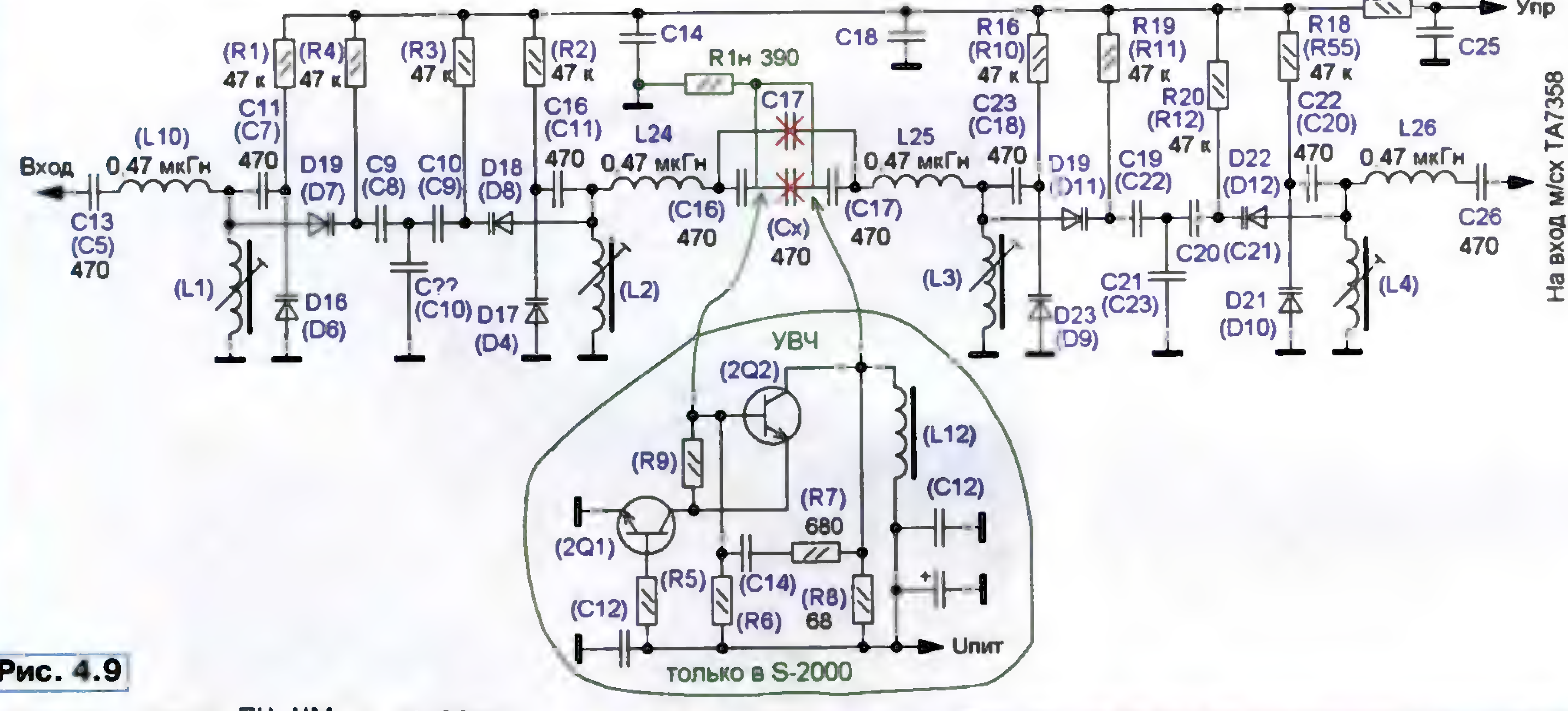


Рис. 4.9

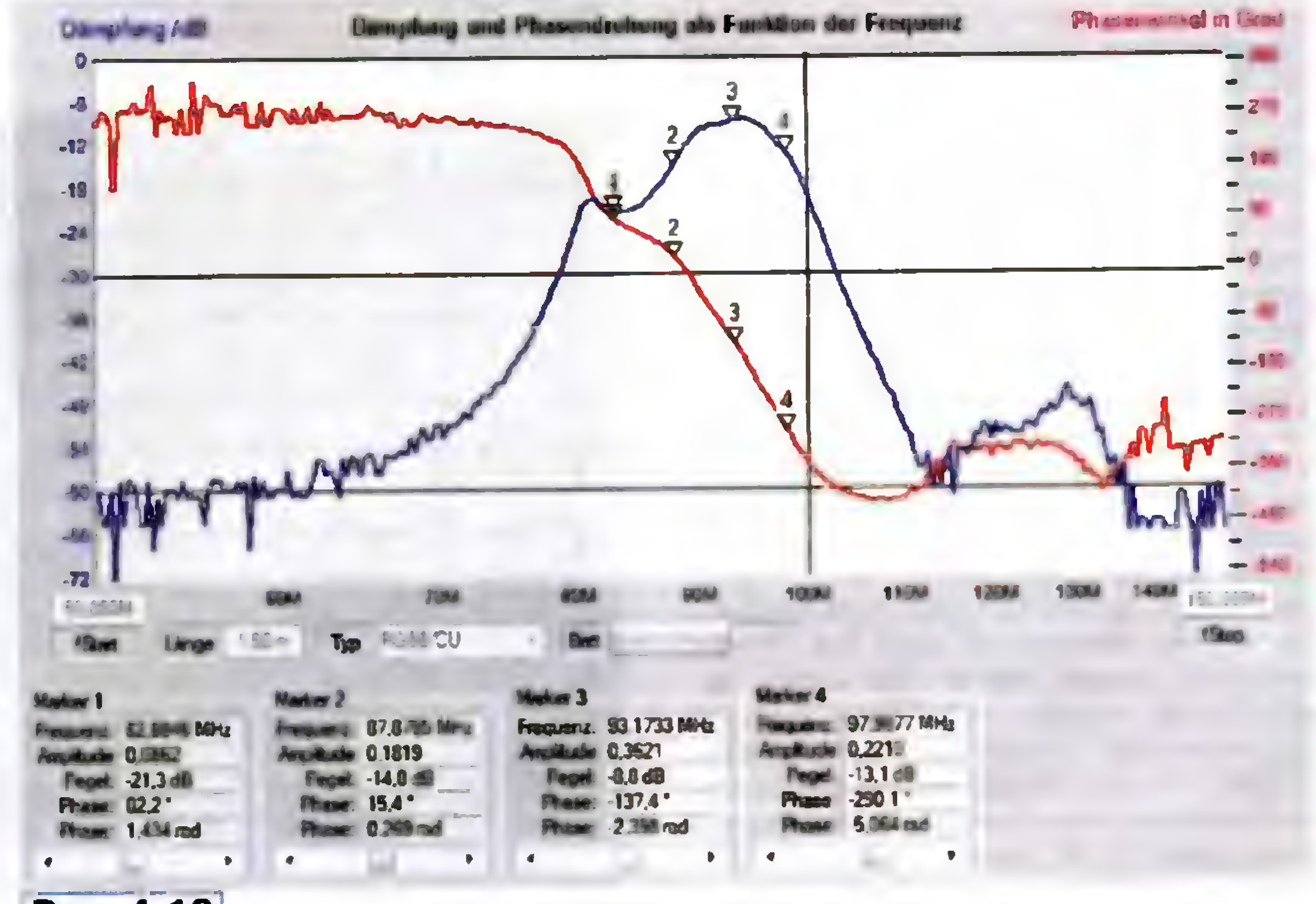


Рис. 4.10

наличии ООС в цепи эмиттера, а также транзистор BFQ67 с током коллектора до 2 мА. Коммутирующий транзистор 2Q1 должен иметь низкое сопротивление в открытом состоянии, а большая ёмкость $C_{кэ}$ пойдёт на пользу, подойдёт, например, транзистор BC847C.

В этом фильтре с помощью варикапов изменяется не только резонансная частота LC-контуров, но и связь между ними, что должно обеспечивать стабильную форму АЧХ при перестройке. Но при соединении двух секций через конденсатор это не получается. Катушки индуктивности по 0,47 мкГн на входе и выходе каждой секции служат для согласования фильтров на импеданс 75 Ом, а конденсаторы ёмкостью 470 пФ просто разделительные.

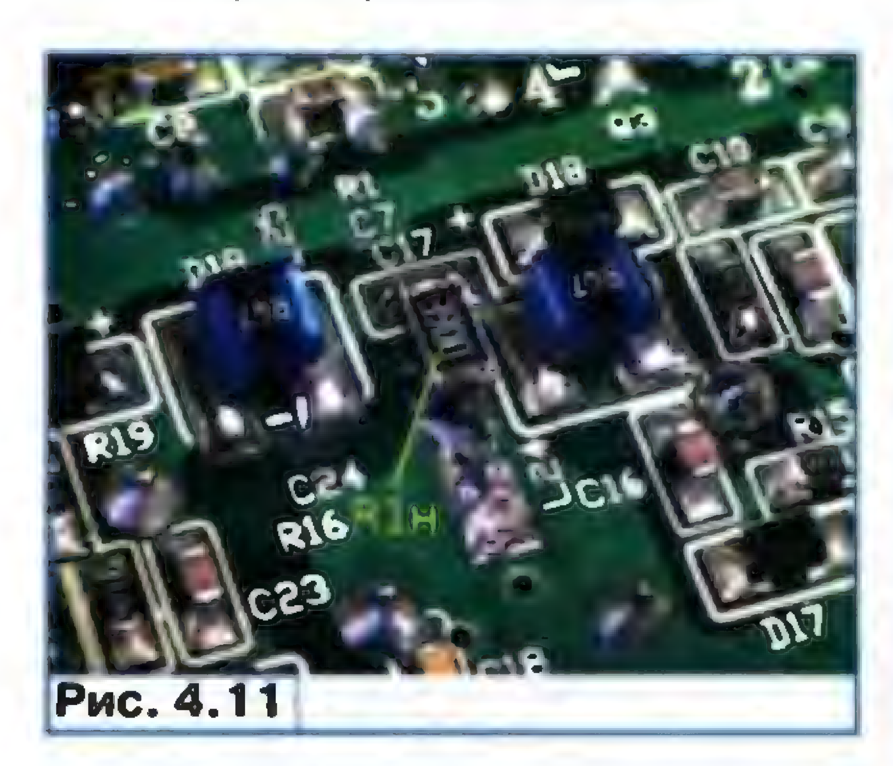


Рис. 4.11

Для налаживания фильтра подают сигнал от ГКЧ панорамного индикатора АЧХ на антенный вход. На выходе фильтра отсоединяют вход микросхемы IC1 (TA7358), временно удалив конденсатор C26. Но надо установить временную нагрузку — выводной резистор сопротивлением 60 Ом, так как в документации на микросхему заявлено, что её входное сопротивление — 57 Ом. Сюда и подключают вход панорамного индикатора. Можно подключить его и к пятому контуру (в цепи стока транзистора Q4), установив параллельно ему резистор сопротивлением 56 Ом, и снять сигнал оттуда (вывод 3 микросхемы TA7358).

АЧХ фильтра при настройке приёмника на частоту 93 МГц показана на **рис. 4.10**. "Горка" на частоте 130 МГц обусловлена моим измерительным прибором и не идеальной экранировкой кабелей. Получившаяся АЧХ с провалом и боковым пиком с общей полосой пропускания до 20 МГц ничем не лучше простых приёмников прошлого века с широкополосным входом!

Ошибка состоит в прямом подключении двух секций через разделительные конденсаторы ёмкостью 470 пФ. Из-за этого два внутренних контура образуют один, и из четырёхконтурного фильтра получился трёхконтурный. Но у получившегося среднего контура отсутствует номинальная нагрузка, и его добротность завышена. Поэтому образуется АЧХ с впадиной и тремя локальными "горками", которые при прокрутке подстроечников "разбегаются" в разные стороны.

Проверка частоты настройки приёмника и частоты главного пика дала удовлетворительное совпадение. Поэтому сначала я удалил конденсатор C17 (в S-2000 — Cx, средний из трёх) и заменил его перемычкой с резистивной нагрузкой на общий провод (**рис. 4.11**). Идеальная АЧХ получилась с аттенюатором −6 дБ на импеданс 75 Ом, но тогда потери составили 8 дБ. Вполне удовлетворительная АЧХ получается при R1н = 390 Ом. На **рис. 4.12** показана плата № 2 в приёмнике S-2000, работы ведутся с конденсатором Cx, установленном на месте от транзистора 2Q2. В результате получается АЧХ с относительно плоской вершиной, а потери не возросли (**рис. 4.13**). При этом все подстроечники катушек я крутил наполовину, и получилось чёткое совпадение частоты настройки приёмника с резонансом.



Рис. 4.12

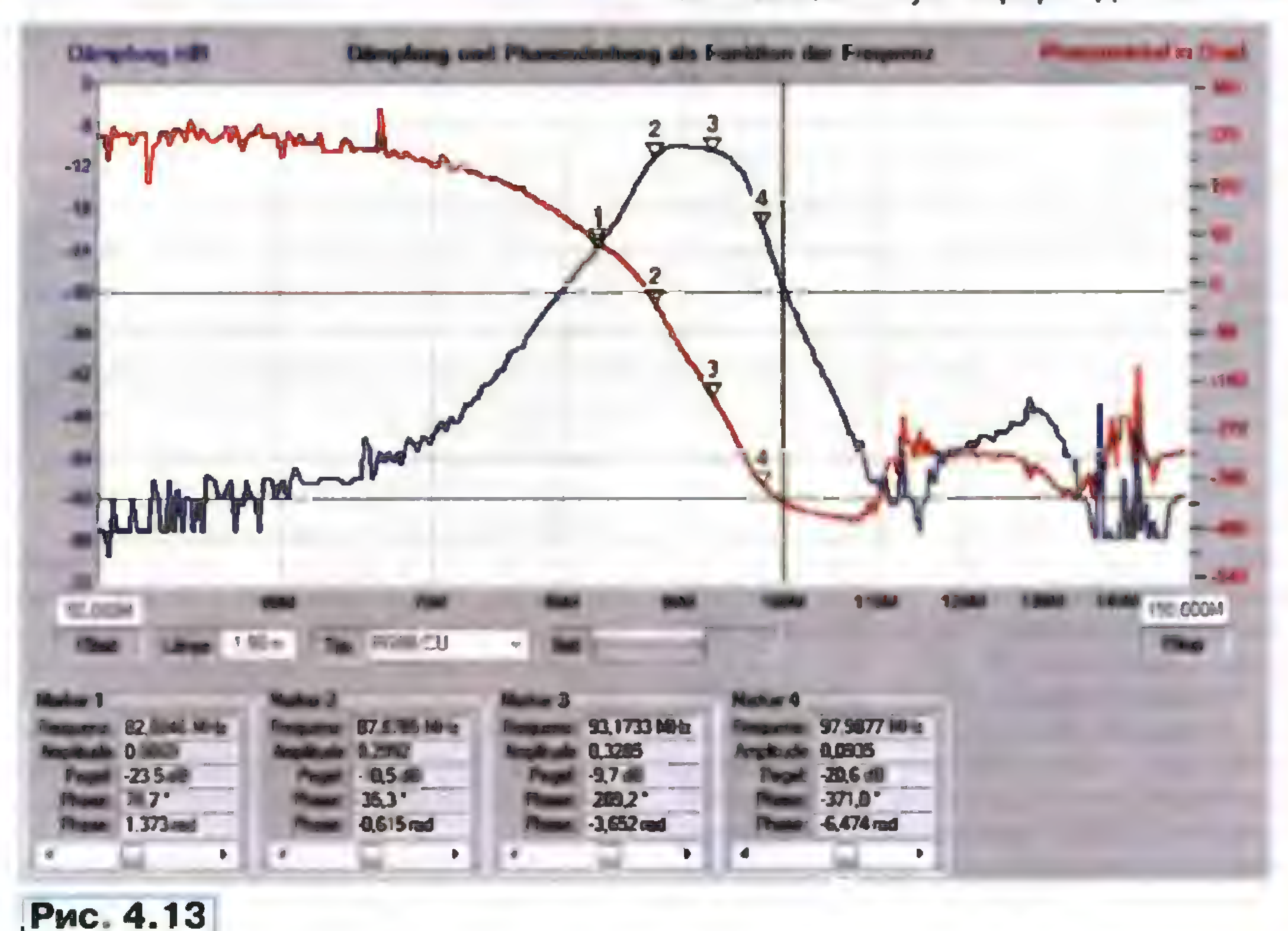
показана АЧХ фильтра в диапазоне AIR до (рис. 4.14,а) и после коррекции (рис. 4.14,б). Кроме повышения избирательности, ещё уменьшены потери, что дало повышение чувствительности приёмника.

Следующий шаг — проверка настройки пятого контура в диапазоне AIR (на стоке транзистора Q4). Этот контур в моём приёмнике изначально был настроен точно. Проверка этого контура для диапазона УКВ также проводится на стоке Q4 несмотря на его отключение. Ослабленный на 20...30 дБ остаточный сигнал достаточен для проверки правильной настройки. Теперь приёмник на самом деле работает с пятиконтурным фильтром для УКВ и AIR — это уже вызов приёмникам премиум-класса.

Испытания в эфире

Доработка УКВ-тракта дала впечатляющий результат. В центре Москвы на 9-м этаже с видом на весь город нет никаких межканальных помех, хотя антенный аттенюатор находится в режиме "DX". Но и в режиме "LOCAL" приём бесшумный. В головных телефонах в стереорежиме радиостанции по всему диапазону прослушиваются с чистым звучанием.

В диапазоне AIR помехи от мощных столичных ТВ-станций резко снизились, авиапереговоры принимаются громче них. И в этом диапазоне возросла чувствительность. В сельской местности Московской области стали слышны "живой" шум эфира до частоты 137 МГц и переговоры высоко пролетающих самолётов.


Рис. 4.13

Чуть лучшую форму АЧХ можно получить и одновременно уменьшить потери на 1...2 дБ, если взамен резистора R1н установить дроссель индуктивностью 100...120 нГн (керамический каркас, типоразмер 0805). Без измерительного прибора этого делать не стоит, так как вариант требует налаживания. Ёмкостная связь на этом месте не подойдёт, так как фильтр перестраивается за счёт ёмкостной составляющей. На **рис. 4.14**

При стандартном приёме мощных АМ-станций очень тихо слышно, как ФАПЧ синхронного детектора синхронизируется на частоте 455 кГц. Гетеродин на резонаторе 3640 кГц не отключается в простом режиме АМ. Но это я уже, наверное, придираюсь.

На частотах ближе к 30 МГц приёмник тоже стал "живым", таксисты

тел. 607-88-18
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

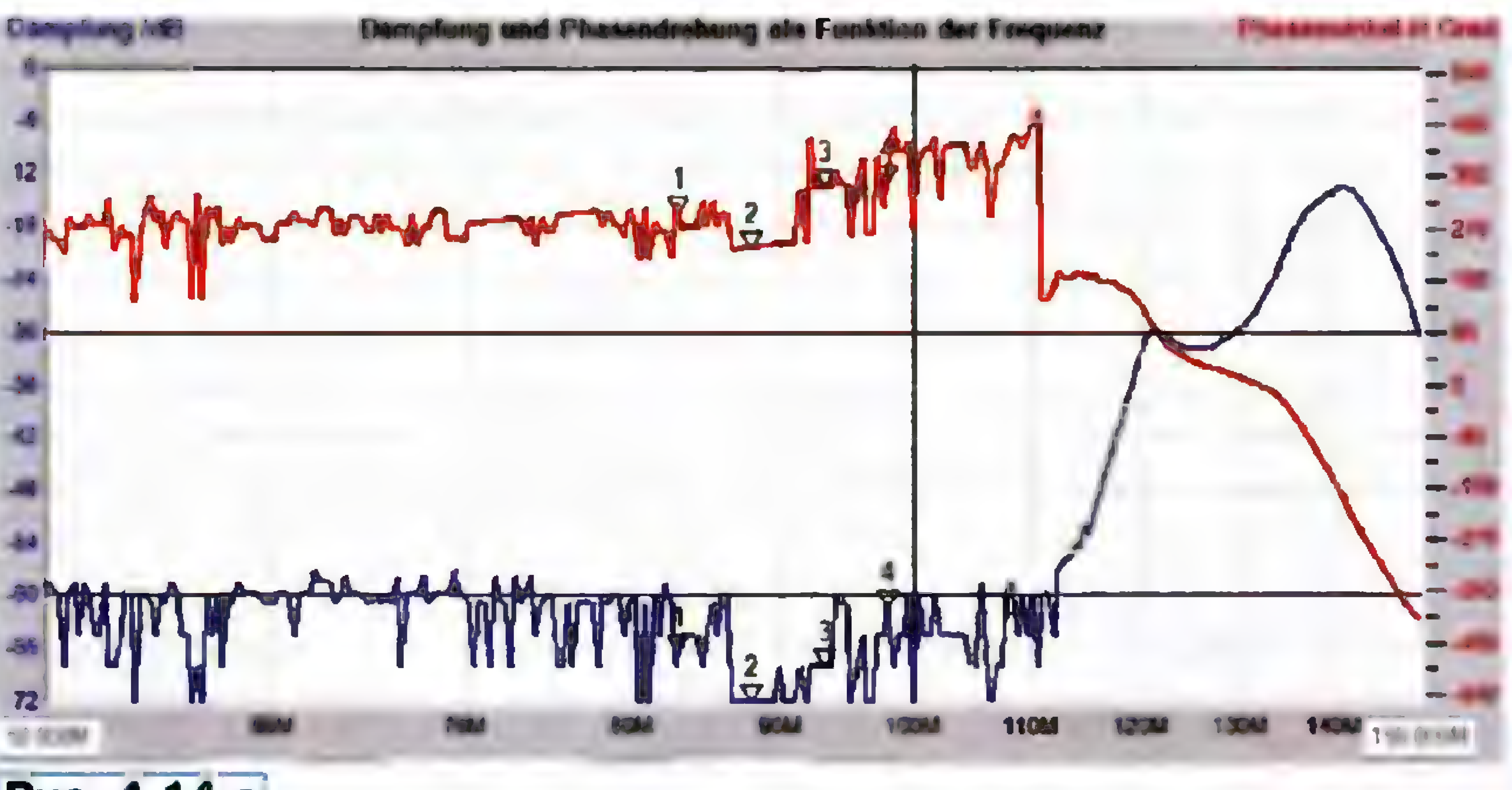


Рис. 4.14,а

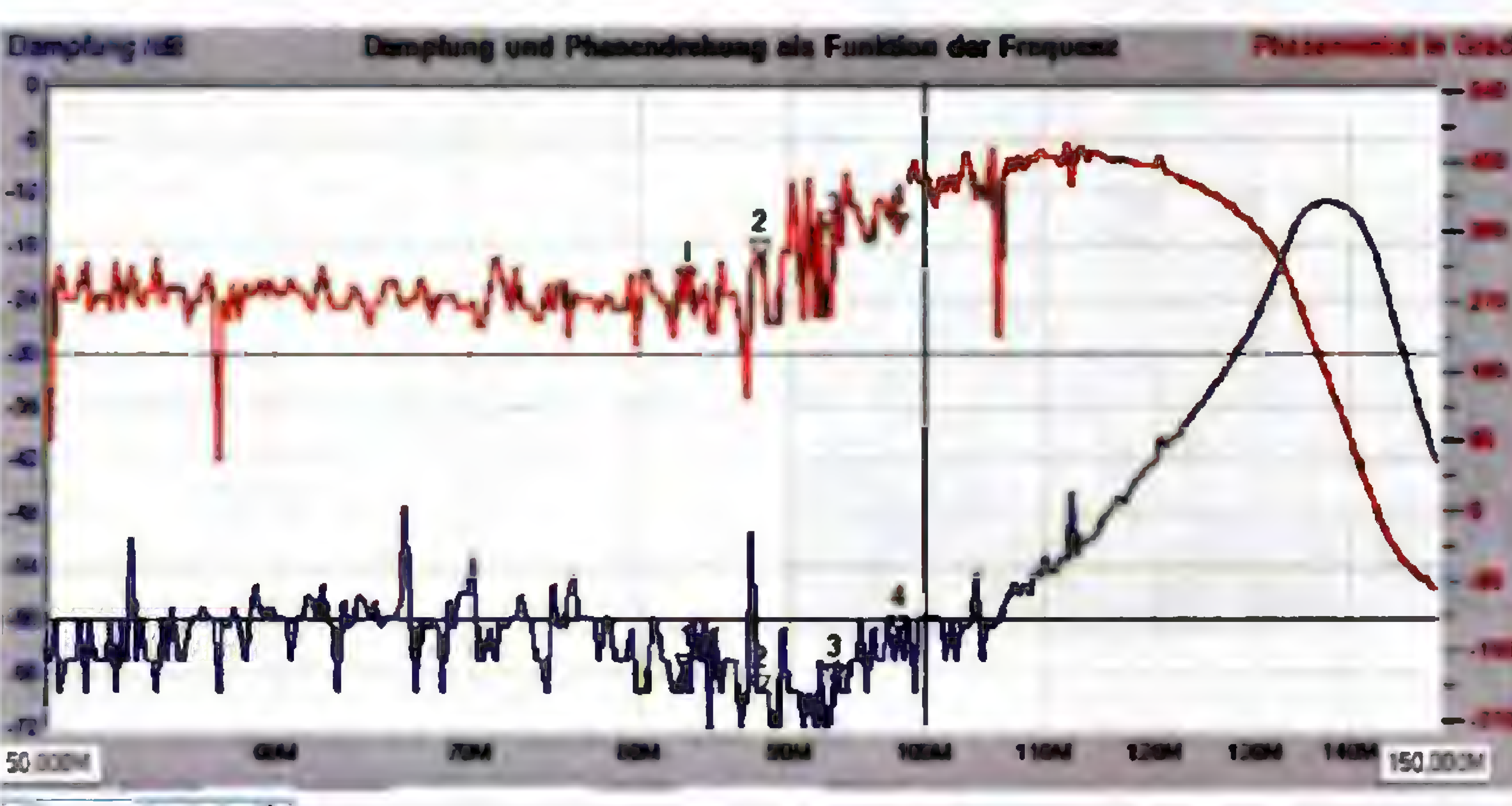


Рис. 4.14,б

слышны издалека, появились иностранные радиостанции в диапазоне Си-Би.

Очень радует полное "открытие" диапазона ДВ, только на частоте 195 кГц присутствует какое-то приглушение. Этот диапазон стал как и в S-2000, а из-за узкополосного кварцевого фильтра можно даже лучше подавить помехи. Хотя диапазон ДВ уже малоинтересен с точки зрения радиовещания, но множество радиомаяков позволяют вести собственный прогноз погоды. Радиолюбительский диапазон 136 кГц приглашает к экспериментам, а хороший SSB-детектор позволяет "переработать" сигналы с помощью ПК.

На СВ приёмник ведёт себя хорошо, но входной усилитель не позволяет добиться существенного улучшения соотношения сигнал/шум, как в доработанном S-2000. Чрезмерная паразитная ёмкость, параллельная катушке магнитной антенны, всё-таки ухудшает КПД самой антенны.

В условиях радиолюбительских соревнований на КВ приёмник показал себя старательным "помощником" на всех диапазонах. Конечно, узкополосный фильтр в ПЧ с полосой пропускания 2,5...4 кГц никакими схемотехническими трюками не заменить, и PL-660 с полосой 5,5 кГц тут сильно проигрывает S-2000. В ежедневных условиях приём SSB-сигналов в умеренно загруженных диапазонах приятный, просто удовольствие.

И наконец-то синхронный детектор выручает. Точная настройка фильтров и гетеродинов позволяет эффективно работать выборочно по USB/LSB и без потери качества полезного сигнала подавить помехи — просто мечта. С селективными замираниями синхронный детектор справляется отлично. Из-за тщательной настройки ФАПЧ на центральную частоту второй ПЧ для сохранения фазовой синхронизации достаточно даже слабого сигнала.

Испытания длятся уже несколько месяцев, и приёмником я очень доволен, двойки и тройки уже не ставлю, и схемы в голове уже не рисую, просто с удовольствием "гуляю" по диапазонам. Частотная перестройка идёт ровно, плавно, без всяких посторонних призвуков от ФАПЧ и АРУ. Слух вообще не устаёт.

В итоге получился ненавязчивый и не капризный "спутник", лёгкий на подъём, надёжный, уважаемый. Ещё бы, зарядное устройство и питание от USB-разъёма с хорошим фильтром!

Желаю много DX!

***От редакции**. Некоторые справочные материалы применённых в приёмнике PL-660 элементов находятся по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2016/01/PL660-4.zip** на нашем FTP-сервере.*

Генератор разработан как альтернатива простым промышленным приборам, аналогичным GRG-450B [1]. Он работает во всех радиовещательных диапазонах, его изготовление не требует намотки катушек индуктивности и трудоёмкого налаживания. В приборе реализованы растянутые КВ-диапазоны, что позволило отказаться от сложного механического верньера, встроенный милливольтметр выходного сигнала, частотная модуляция. Изготавливается устройство из дешёвых распространённых деталей, которые найдутся у любого радиолюбителя, занимающегося ремонтом радиоприёмников.

Анализ множества любительских конструкций подобных генераторов выявил ряд общих характерных для них недостатков: ограниченный диапазон частот (большинство перекрывают только диапазоны ДВ, СВ и КВ); значительное перекрытие частоты на высокочастотных диапазонах затрудняет её точную установку и приводит к необходимости изготовления верньера. Зачастую требуется намотка катушек индуктивности с отводами. К тому же описания этих конструкций слишком краткие, а нередко вообще отсутствуют.

Диапазон	Частота, МГц	Напряжение[1], мВ
ДВ1	0,058...0,214	40...70
ДВ2	0,185...0,726	
СВ	0,56...2,33	53...120
КВ1	2,05...3,4	110...150
КВ2	2,9...4,8	
КВ3	4,8...8,3	
КВ4	7...12	
КВ5	11,9...20,7	
КВ6	17,7...32 35,5...38,5[2]	
УКВ1	37...57,5 65...72[2]	150...210
УКВ2	70...82 94...108[2]	

[1] На коаксиальном выходе при сопротивлении нагрузки 50 Ом, эффективное значение. [2] При отключённом конденсаторе переменной ёмкости и напряжении на варикапе 0...5 В.

Было принято решение самостоятельно сконструировать высокочастотный генератор сигналов, удовлетворяющий следующим требованиям: предельно простая схема и конструкция, катушки индуктивности без отводов, отсутствие самостоятельно изготавливаемых механических узлов, работа во всех вещательных диапазонах, включая УКВ, растянутые диапазоны и электрический верньер. Желателен 50-омный коаксиальный выход.

В результате проверки множества технических решений и неоднократных доработок появился описанный ниже прибор. Диапазоны генерируемых им частот указаны в **таблице**. Точность установки частоты генератора — не хуже ±2 кГц на частоте 10 МГц и ±10 кГц на частоте 100 МГц. Её уход за час работы (после часового прогрева) не превышает 0,2 кГц на частоте 10 МГц и 10 кГц на частоте 100 МГц. В той же таблице приведены максимальные эффективные значения выходного напряже-

Генератор сигналов частотой 60 кГц...108 МГц

Г. БОНДАРЕНКО, г. Донецк, Украина

Высокочастотный генератор сигналов необходим при ремонте и настройке радиоприёмных устройств и потому довольно востребован. Имеющиеся на рынке лабораторные генераторы ещё советского производства имеют хорошие характеристики, как правило, избыточные для любительских целей, но стоят они довольно дорого и зачастую перед использованием требуют ремонта. Несложные генераторы иностранных производителей стоят ещё дороже и при этом не отличаются высокими параметрами. Это вынуждает радиолюбителей изготавливать такие устройства самостоятельно.

ния в каждом диапазоне. Нелинейность шкалы милливольтметра — не более 20 %. Напряжение питания — 7,5...15 В. Схема генератора сигналов представлена на **рис. 1**.

Как правило, генераторы с двухточечным подключением колебательного контура, способные работать на частоте более 100 МГц, в средневолновом диапазоне генерируют скорее искажённый меандр, чем синусоиду. Для уменьшения искажений требуется значительное изменение режимов работы активных элементов генератора в зависимости от частоты. Сигнал применённого в описываемом устройстве задающего генератора с включёнными последовательно по постоянному току полевым и биполярным транзисторами [2] имеет гораздо меньшие искажения. Их можно снижать, регулируя режим работы лишь биполярного транзистора.

На низкочастотных диапазонах режим работы транзистора VT2 задан включёнными последовательно резисторами R1 и R9. С переходом на высокочастотные диапазоны переключатель SA1.2 замыкает резистор R1. Для увеличения крутизны характеристики полевого транзистора VT1 на его затвор подано постоянное смещение, равное половине напряжения питания. Напряжение питания задающего генератора стабилизировано интегральным стабилизатором DA1. Резистор R10 служит минимальной нагрузкой стабилизатора, без которой его выходное напряжение засорено шумом.

В качестве катушек индуктивности L1—L10 задающего генератора использованы дроссели промышленного производства. Их коммутирует переключатель SA1.1. В диапазоне УКВ2 индуктивностью L11 служит отрезок провода длиной около 75 мм, соединяющий переключатель с печатной платой.

Отклонение фактической индуктивности дросселя от номинальной может быть довольно значительным, поэтому границы диапазонов выбраны с некоторым перекрытием, чтобы исключить их трудоёмкую укладку. Указанные в таблице границы диапазонов получены без какого-либо подбора дросселей. Предпочтительно применять дроссели большого размера, стабильность индуктивности которых (следовательно, и генерируемой частоты) выше, чем у малогабаритных.

Для перестройки частоты в приборе использован трёхсекционный конденсатор переменной ёмкости с редуктором, применявшийся в радиоприёмниках "Океан", радиолах "Мелодия" и многих других. Чтобы его корпус не имел электрического контакта с корпусом прибора, он закреплён внутри него через изолирующую прокладку. Это дало возможность включить одну секцию конденсатора последовательно с двумя другими соединёнными параллельно. Так реализованы растянутые КВ-диапазоны. В диапазонах ДВ, СВ1 и СВ2, где требуется большое перекрытие по частоте, переключатель SA1.2 соединяет корпус переменного конденсатора с общим проводом. В диапазонах КВ6, УКВ1 и УКВ2 предусмотрено отключение конденсатора переменной ёмкости выключателем SA2. Когда выключатель замкнут, частота устойчивой генерации не превышает 37 МГц.

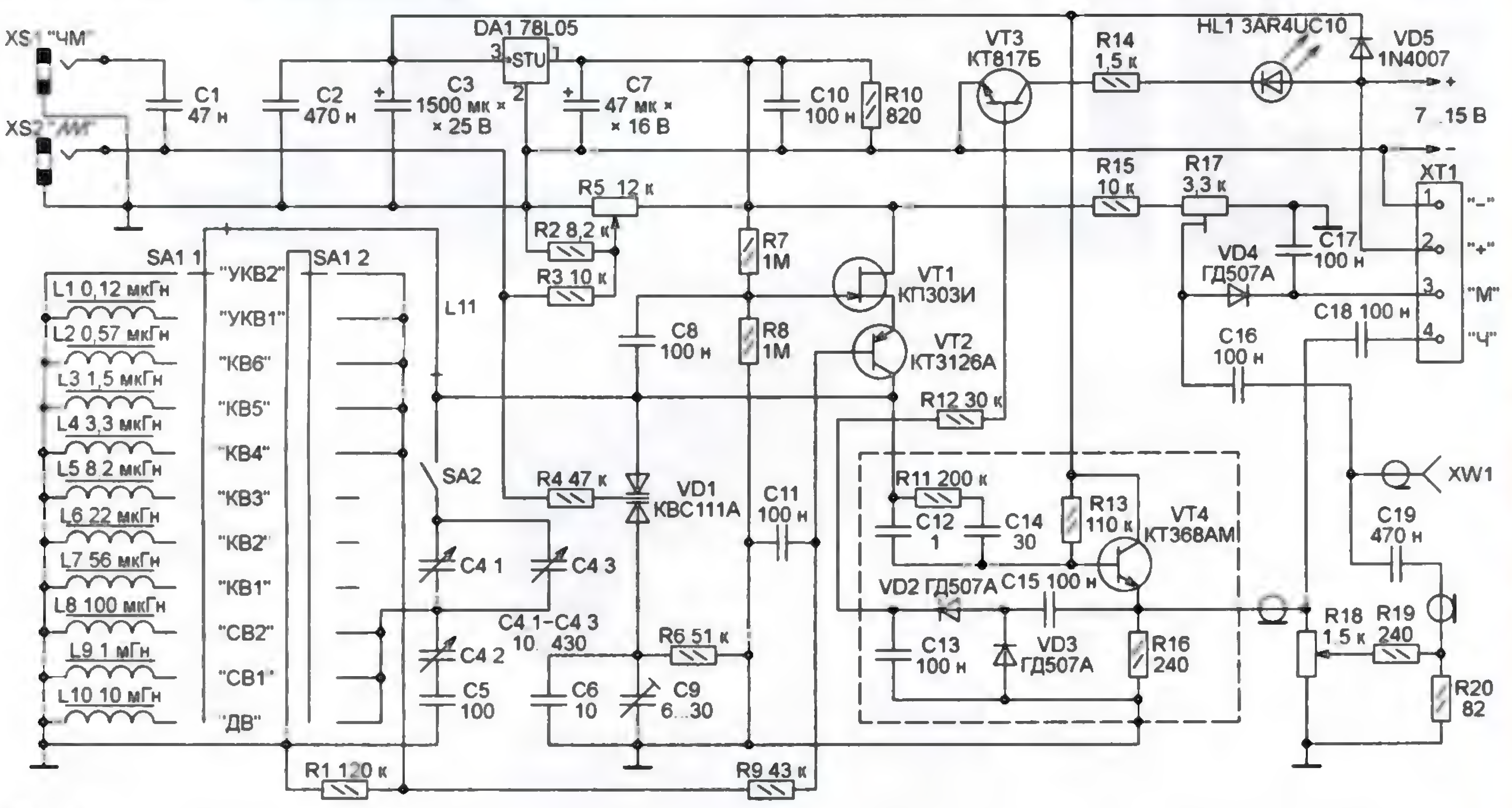


Рис. 1

Параллельно переменному конденсатору подключена цепь из варикапной матрицы VD1, конденсаторов C6, C9 и резистора R6, служащая частотным модулятором, электрическим верньером, а при отключённом переменном конденсаторе — основным элементом настройки. Поскольку амплитуда высокочастотного напряжения на колебательном контуре достигает нескольких вольт, соединённые встречно-последовательно варикапы матрицы вносят гораздо меньшие искажения, чем вносил бы одиночный варикап. Напряжение настройки на варикапы матрицы VD1 поступает с переменного резистора R5.

Резистор R2 несколько линеаризует шкалу настройки.

Сигнал частотной модуляции генератора подают на разъём XS1 от любого внешнего источника. При настройке и проверке АМ-радиоприёмника преобразование частотной модуляции в амплитудную происходит в нём самом за счёт неравномерности частотной характеристики додетекторной части приёмного тракта. Наблюдать АМ-сигнал можно на последнем контуре ПЧ приёмника с помощью осциллографа. Такое решение не всегда приемлемо, но применяемые в любительских конструкциях измерительных генераторов простые амплитудные модуляторы создают сильную паразитную частотную модуляцию даже на низкочастотных КВ-диапазонах, из-за чего применять их по назначению практически невозможно. На разъём XS2 при использовании прибора в качестве генератора качающейся частоты подают пилообразное напряжение.

Задающий генератор связан с выходным повторителем на транзисторе VT4 через конденсатор C12, предельно малая ёмкость которого уменьшает влияние нагрузки на генерируемую частоту и снижение амплитуды выходного напряжения на частоте выше 30 МГц. Для частичного устранения снижения амплитуды на низкой частоте конденсатор C12 зашунтирован цепью R11C14. Простой эмиттерный повторитель с высоким выходным сопротивлением на биполярном транзисторе оказался наиболее подходящим решением для такого широкополосного прибора. Влияние нагрузки на частоту сравнимо с истоковым повторителем на полевом транзисторе, а зависимость амплитуды от частоты гораздо меньше. Применение дополнительных буферных ступеней только ухудшало развязку. Для обеспечения хорошей развязки в диапазонах ДВ—КВ транзистор VT4 должен иметь высокий коэффициент передачи тока, а в диапазонах УКВ — предельно малые межэлектродные ёмкости.

Выход повторителя соединён с зажимом XT1.4, предназначенным в основном для подключения частотомера, что приводит к некоторому снижению выходного напряжения. Внутреннее сопротивление этого выхода на КВ-диапазонах — около 120 Ом, выходное напряжение — более 1 В. На диодах VD2, VD3, транзисторе VT3 и светодиоде HL1 реализован индикатор наличия ВЧ-напряжения на выходе повторителя.

С движка переменного резистора R18, служащего регулятором выходного напряжения, сигнал поступает на делитель R19R20, который, помимо дополнительной развязки генератора и нагрузки, обеспечивает выходное сопротивление коаксиального выхода (разъём XW1) на КВ-диапазонах, близкое к 50 Ом. На УКВ оно снижается до 20 Ом.

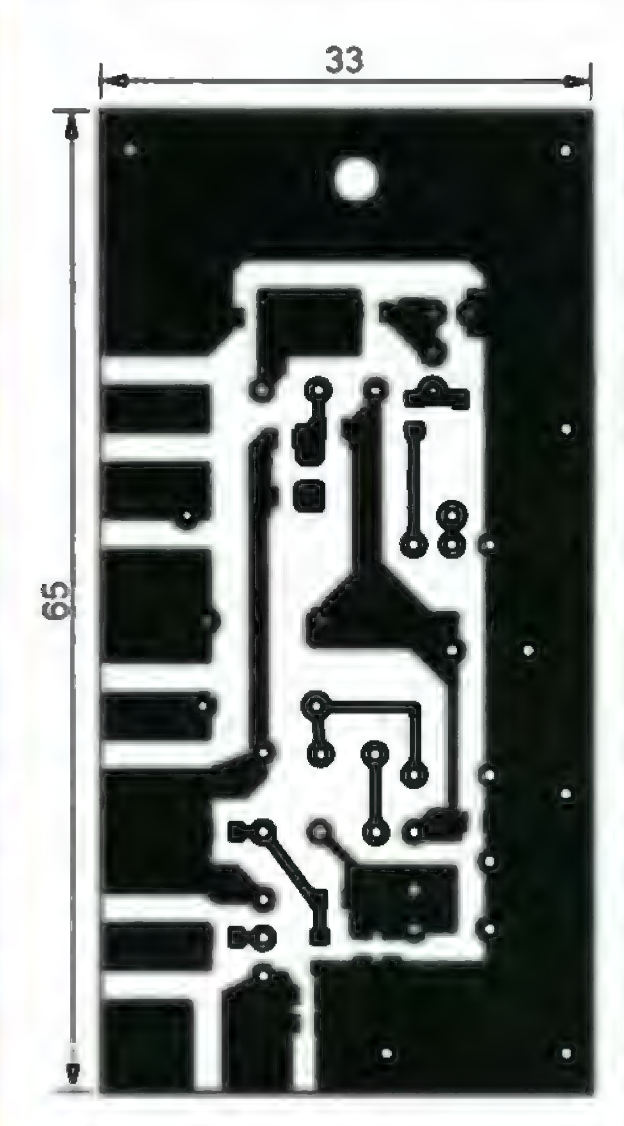
Уход частоты при изменении положения движка R18 из верхнего по схеме положения в нижнее достигает 70...100 кГц на частоте 100 МГц без нагрузки, а при подключённой нагрузке 50 Ом — не более 2 кГц (на той же частоте).

Для измерения выходного напряжения на разъёме XW1 предусмотрен детектор, выполненный на резисторах R15, R17, диоде VD4 и конденсаторе C17. Вместе с внешним цифровым вольтметром или мультиметром в режиме вольтметра, подключённым к контактам XT1.3 (плюс) и XT1.1 (минус), он образует милливольтметр эффективного значения выходного напряжения генератора. Для получения более линейной шкалы на диод VD4 подано постоянное напряжение смещения 1 В, которое устанавливают многооборотным подстроечным резистором R17.

Внешний вольтметр должен иметь предел измерения 2 В. В этом случае в старшем разряде его индикатора будет постоянно выведена единица, а в младших разрядах — измеренное выходное напряжение в милливольтах. Минимальное измеряемое напряжение — около 20 мВ. Выше 100 мВ показания будут несколько завышены. При напряжении 200 мВ погрешность доходит до 20 %.

Питают генератор от стабилизированного источника постоянного напряжения 7...15 В либо от аккумуляторной батареи. При нестабилизированном блоке питания генерируемый высокочастотный сигнал неизбежно будет модулирован частотой 100 Гц.

К монтажу генератора следует подойти очень тщательно, от этого зависит стабильность его параметров. Большинство деталей установлены на печатной плате из фольгированного с двух сторон изоляционного материала, изображённой на **рис. 2**.



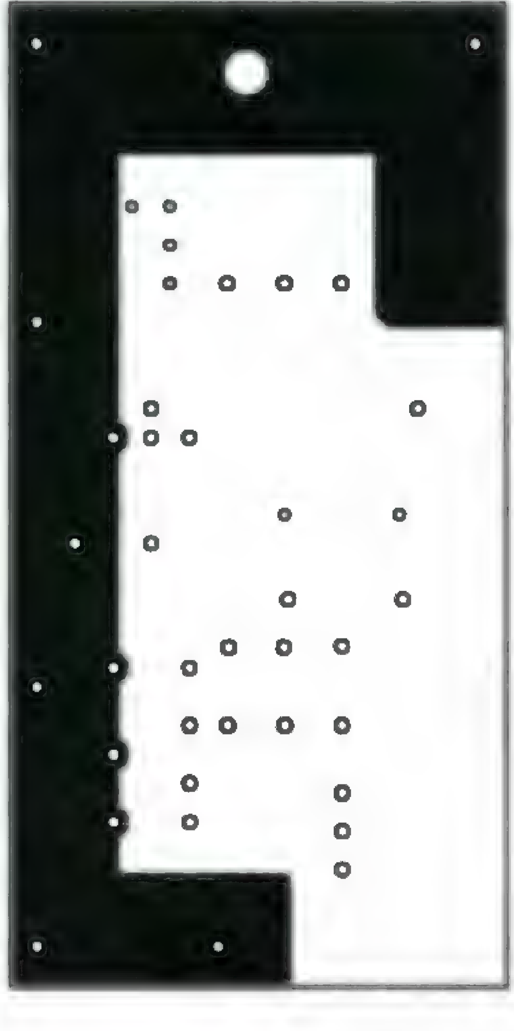
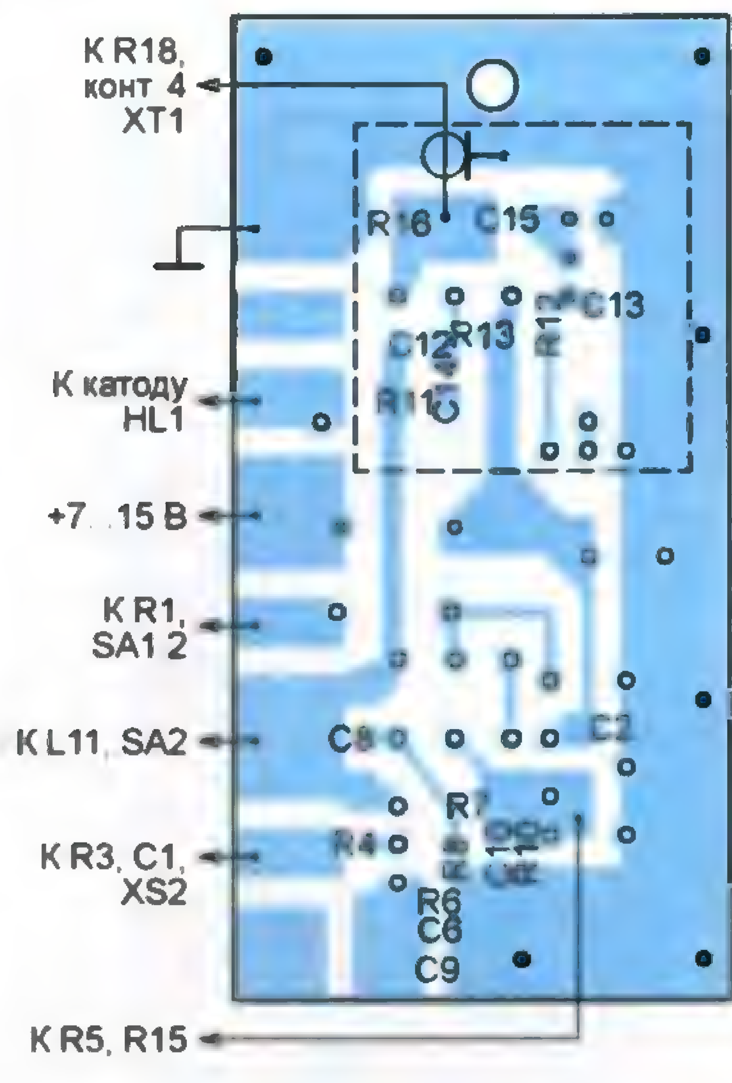


Рис. 2



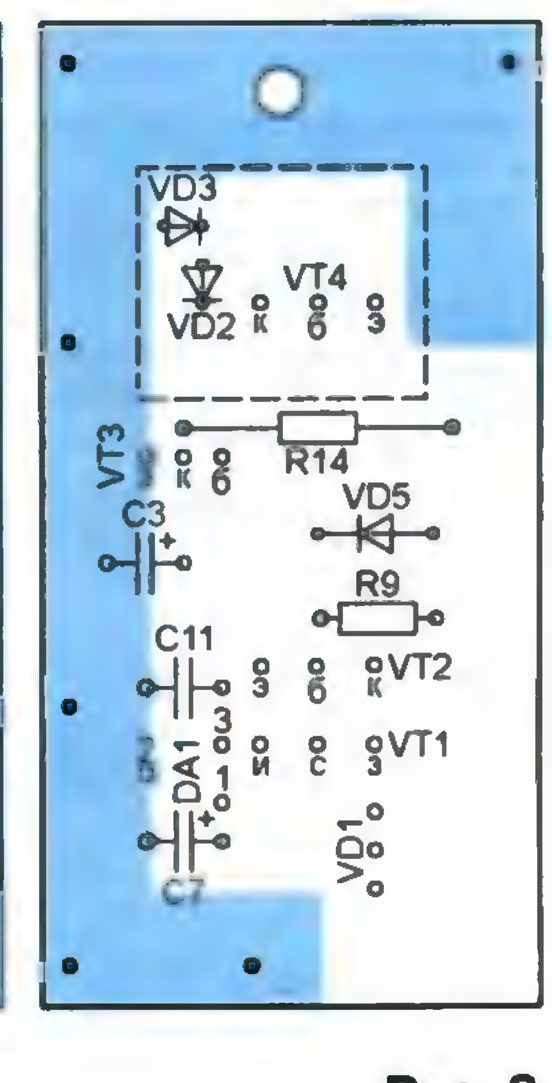


Рис. 3

Расположение деталей на плате показано на **рис. 3**. Площадки фольги общего провода с двух сторон платы соединяют между собой проволочными перемычками, впаянными в отверстия, которые показаны залитыми. Элементы выходного повторителя после монтажа закрывают с двух сторон платы металлическими экранами, контуры которых показаны штриховыми линиями. Эти экраны должны быть надёжно, пайкой по периметру, соединены с фольгой общего провода. В экране, находящемся со стороны печатных проводников, над контактной площадкой, с которой соединён эмиттер транзистора VT4, сделано отверстие, сквозь которое проходит припаянный к этой площадке медный штырь. В дальнейшем к нему припаивают центральную жилу коаксиального кабеля, идущего к переменному резистору R18 и конденсатору C18. Оплётку кабеля соединяют с экраном повторителя.

В генераторе применены в основном постоянные резисторы и конденсаторы для поверхностного монтажа типоразмера 0805. Резисторы R19 и R20 — МЛТ-0,125. Конденсатор C3 — оксидный с низким ЭПС, C7 — оксидный танталовый К53-19 или аналогичный. Катушки индуктивности L1—L10 — стандартные дроссели, предпочтительно отечественные серий ДПМ,

ДП2. По сравнению с импортными, они имеют значительно меньшее отклонение индуктивности от номинальной и большую добротность.

При отсутствии дросселя нужного номинала катушку L10 можно изготовить самостоятельно, намотав восемь витков провода диаметром 0,08 мм на резистор МЛТ-0,125 сопротивлением не менее 1 МОм. В качестве индуктивности L11 применён отрезок жёсткого центрального провода от коаксиального кабеля длиной около 75 мм.

Трёхсекционные конденсаторы переменной ёмкости с редуктором чрезвычайно распространены, но если такой отсутствует, можно применить и двухсекционный. В этом случае корпус конденсатора соединяют с корпусом прибора, а каждую секцию подключают через отдельный выключатель, причём одну из секций — через растягивающий конденсатор. Управлять прибором с таким переменным конденсатором заметно сложнее.

Переключатель SA1 — ПМ 11П2Н, также применимы аналогичные переключатели серии ПГ3 или П2Г3. Выключатель SA2 — МТ1. Переменный резистор R18 — СП3-9б, причём заменять его переменным резистором другого типа не рекомендуется. Если переменного резистора указанного на схеме номинала не нашлось, то можно заменить его имеющим меньший номинал, но при этом нужно увеличить сопротивление резистора R16 так, чтобы общее сопротивление параллельно соединённых резисторов R16 и R18 осталось неизменным. Переменный резистор R5 — любого типа, R17 — импортный многооборотный подстроечный 3296.

Диоды ГД407А можно заменить на Д311, Д18, а диод 1N4007 — на любой выпрямительный. Вместо варикапной матрицы КВС111А допускается применить КВС111Б, вместо 3AR4UC10 — любой светодиод красного свечения.

Задающий генератор малочувствителен к типам применённых транзисторов. Полевой транзистор КП303И может быть заменён на КП303Г—КП303Ж, КП307А—КП307Ж, а с корректировкой печатной платы — на BF410B—BF410D, КП305Ж. Для транзисторов с начальным током более 7 мА резистор R7 не требуется. Биполярный транзистор КТ3126А можно заменить любым СВЧ-транзистором структуры p-n-p с минимальными межэлектродными ёмкостями. В качестве замены транзистора КТ368АМ можно рекомендовать SS9018I.

Разъём XW1 — типа F. В него легко заделывается любой кабель, а при необходимости можно просто вставить провод. Зажимная колодка XT1 — WP4-7 для подключения акустических систем. Разъёмы XS1 и XS2 — стандартные монофонические гнёзда под штекер диаметром 3,5 мм.

Генератор собран в корпусе от компьютерного блока питания. Его монтаж показан на фотоснимке **рис. 4**. Решётку вентилятора удалите, а сторону корпуса, где она находилась, закройте пластиной из листовой стали с отверстиями для разъёмов и элементов управления. Для крепления пластины следует использовать все имеющиеся в корпусе отверстия под винты.



Рис. 4

Плату закрепите на латунной стойке высотой 30 мм, рядом с переключателем SA1, вверх печатными проводниками. Место контакта стойки с корпусом залудите и подложите под неё контактный лепесток, который соедините с экраном выходного повторителя. По возможности избегайте образования больших замкнутых контуров протекания высокочастотного тока по общему проводу, приводящих к снижению выходного напряжения на УКВ-диапазонах.

Переменный резистор R18 поместите в дополнительный металлический экран, зажав его под фланец резистора. Монтаж резисторов R19 и R20 — навесной. Их общую точку соедините с разъёмом XW1 коаксиальным кабелем. Элементы детектора милливольтметра установите на небольшой монтажной плате, которую закрепите непосредственно на разъёме XW1.

Конденсатор переменной ёмкости C4 установите в корпусе через изолирующие прокладки. Желательно сделать диэлектрический удлинитель оси конденсатора, на который будет надета ручка настройки. Но это не обязательно, допустимо надеть её и на ось самого конденсатора. Соединение переменного конденсатора с выключателем SA2 и с платой выполните жёсткой центральной жилой от коаксиального кабеля. Конденсатор C5 установите и соедините с корпусом рядом с конденсатором C4.

Перед установкой в прибор галетного переключателя SA1 смонтируйте на нём катушки индуктивности L1—L10 и резистор R1. Оси соседних катушек должны быть взаимно перпендикулярны, иначе не избежать их взаимного влияния. Особенно это касается низкочастотных диапазонов. Удобно чередовать катушки с аксиальными и радиальными выводами. Общий провод к галете SA1.1 подключите жгутом из десяти и более проводов МГТФ. Отдельным проводом соедините с общим проводом резистор R1 и подвижный контакт галеты SA1.2.

С помощью шприца с укороченной иглой нанесите на переднюю панель подкрашенным цапон-лаком все необходимые надписи. Разъём входа пилообразного напряжения XS2 установите на задней панели, чтобы исключить случайное подключение к нему. Туда же выведите шнур питания. Он дублирован контактами XT1.1 (минус) и XT1.2 (плюс), от которых можно питать другие измерительные приборы или настраиваемое устройство. Все лишние отверстия в корпусе закройте припаянными к нему стальными пластинами.

Собранный, согласно рекомендациям, прибор должен заработать сразу. Следует измерить постоянное

напряжение на эмиттере транзистора VT4. При верхнем (по схеме) положении движка переменного резистора R18 оно не должно быть менее 2 В, иначе нужно уменьшить сопротивление резистора R13. Далее нужно проверить работу генератора на всех диапазонах. На УКВ при большой введённой ёмкости переменного конденсатора (если он включён) происходит срыв колебаний, что видно по снижению яркости свечения светодиода HL1.

Если переменный резистор R5 включён, как показано на схеме, то полоса перестройки на УКВ-диапазонах не превысит 15 МГц, и может потребоваться укладка этих диапазонов в пределы вещательных. Прежде всего сделайте это в диапазоне УКВ1 (65,9...74 МГц) с помощью подстроечного конденсатора C9 при разомкнутом выключателе SA2. Далее переведите переключатель SA1 в положение УКВ2 и, изменяя длину отрезка провода, служащего индуктивностью L11, добейтесь перекрытия вещательного диапазона 87,5...108 МГц. Если нужно сильно увеличить частоту, отрезок провода можно заменить полоской медной фольги или расплющенной оплёткой коаксиального кабеля. Пределы перестройки частоты варикапом можно значительно увеличить, если питать переменный резистор R5 напряжением со входа, а не с выхода интегрального стабилизатора DA1. Но это приведёт к заметному ухудшению стабильности частоты.

Регулировка детектора милливольтметра заключается в установке подстроечным резистором R17 напряжения 1010 мВ на подключённом к выходу детектора мультиметре при нулевом выходном напряжении генератора (движок переменного резистора R18 в нижнем по схеме положении). Далее, увеличив переменным резистором размах выходного напряжения до 280 мВ (контролируют осциллографом), подстраивают R17 так, чтобы мультиметр показал 1100 мВ. Это соответствует эффективному значению выходного напряжения 100 мВ. Следует учитывать, что ВЧ-напряжение менее 20 мВ этим милливольтметром измерять нельзя (мёртвая зона), а при напряжении более 100 мВ его показания будут сильно завышенными.

Рекомендуется включать генератор за час до начала измерений. После его прогрева долговременная стабильность частоты существенно повысится.

ЛИТЕРАТУРА

1. Генератор сигналов высокочастотный GRG-450B. — URL: **http://www.printsip.ru/cgi/download/instr/GW_instek/generatori_gw/grg-450b.pdf** (26.09.15).

2. Коротковолновый ГИР (За рубежом). — Радио, 2006, № 11, с. 72, 73.

От редакции. *Файл печатной платы в формате Sprint Layout 6.0 имеется по адресу* ***ftp://ftp.radio.ru/pub/2016/01/gener.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Блок управления сверлильным станком

Е. ГЕРАСИМОВ, ст. Выселки Краснодарского края

Для сверления отверстий в печатных платах радиолюбители разрабатывают малогабаритные сверлильные станки. Преимущество станка перед микродрелью заключается в точности сверления и, что самое главное, меньшей вероятности поломки свёрл, особенно тонких. Иногда такой станок оснащается полуавтоматической системой управления [1]. Блок управления этого станка выполнен на микроконтроллере, но его вполне можно собрать и на двух микросхемах стандартной логики. Такой вариант блока управления и представлен в этой статье.

Алгоритм его работы несколько отличается от представленного в [1], где автор отмечает, что ход сверла нет смысла делать более 20 мм. Однако это не совсем так. Дело в том, что часто приходится работать разными свёрлами, а они, в зависимости от диаметра, имеют разную длину. Так, сверло диаметром 0,6 мм имеет длину примерно 22 мм, а диаметром 1,6 мм — 42 мм. Не всегда длину сверла можно "скомпенсировать", утопив его поглубже в патроне. При сверлении же фольгированного стеклотекстолита (обычно толщиной 1,5...2,5 мм) ход сверла может быть и 6...10 мм. Если вал двигателя имеет осевой люфт (предполагается, что патрон закреплён непосредственно на валу), его тоже необходимо учитывать. Поэтому более удобно сделать рабочий ход сверла около 10 мм. Но сделать так, чтобы рабочий участок хода можно было сдвигать вдоль всего интервала хода подвижной части (будем далее для краткости называть её шпинделем) станка.

Исходя из этих соображений, при изготовлении своего станка я выбрал максимальный ход шпинделя около 55 мм, чтобы можно было пользоваться свёрлами диаметром от 0,6 до 2 мм. Для сдвига рабочего участка можно применить регулируемые конечные выключатели, однако более удобно организовать электронное управление. Здесь следует остановиться на конструкции собственно станка, а именно привода шпинделя. Это может быть зубчатая рейка или, как в моём случае, винтовая передача. Преимущество такой передачи в том, что её легко изготовить самостоятельно, и именно для такой передачи и предназначено устройство, представленное ниже. При использовании зубчатой рейки организовать вышеописанный алгоритм проще механически, поэтому такой вариант здесь не рассматривается, хотя описываемый блок вполне можно использовать и в станке [1].

Итак, чтобы определить величину смещения шпинделя, необходимо знать шаг резьбы винта. Например, применённый в моём станке в качестве винта саморез по металлу имеет шаг резьбы 2 мм. Это значит, что за один его полный оборот шпиндель станка перемещается на 2 мм. Таким образом, чтобы он переместился на требуемые 10 мм, нужно, чтобы винт сделал пять оборотов при подаче сверла, а затем ещё пять для возврата сверла в исходное положение, что и реализует предлагаемый блок управления. Он позволяет отсчитывать от 1 до 15 оборотов в каждом направлении. Датчиком оборотов служит геркон, срабатывающий под действием магнита, закреплённого на шестерне, насаженной на винт.

Схема блока управления представлена на **рис. 1**. Основа устройства — двоично-десятичный реверсивный счётчик К561ИЕ14 (DD2). В данном случае он работает в двоичном режиме, поскольку на вход модуля счёта подаётся лог. 1. Поскольку у этого счётчика нет входа обнуления R, для этой цели используется вход предварительной установки S (вывод 1). При подаче на него сигнала с уровнем лог. 1 на выходе устанавливается число 0, так как входы предустановки (выводы 3, 4, 12, 13) соединены с общим проводом.

Работает устройство следующим образом. При подаче напряжения питания на прямом выходе триггера DD1.1 (вывод 1) устанавливается лог. 0, на входе R (вывод 10) триггера DD1.2 и входе S счётчика DD2 — лог. 1. На входе направления счёта U (вывод 10) счётчика DD2 — лог. 1, а на всех его выходах, кроме выхода переполнения P (вывод 7), — лог. 0.

При нажатии на кнопку SB1 ("Пуск") триггер DD1.1 переключается в единичное состояние, на его инверсном выходе (вывод 2) появляется уровень лог. 0 и счётчик DD2 переходит в режим счёта. Одновременно высокий уровень подаётся на вход ST-BY (вывод 4) микросхемы DA1, разрешая её работу, а также на базу транзистора VT2.

На входе IN (вывод 7) микросхемы DA1 — лог. 0. Двигатели M1 (подача сверла) и M2 (вращение сверла) запускаются, и начинается отсчет импульсов с резистора R3, формируемых герконом SF1 и подаваемых на тактовый вход C (вывод 15) счётчика DD2. Конденсатор C2 подавляет дребезг контактов геркона. При каждом обороте винта на счётчик приходит один импульс. Как только пройдёт нужное число импульсов (в данном случае пять), на входе установки S (вывод 8) триггера DD1.2 появляется уровень лог. 1. На его инверсном выходе появляется лог. 0, при этом меняются направление счёта счётчика DD2 и направление вращения электродвигателя M1, поскольку на входе IN микросхемы DA1 теперь лог. 1. Снова начинается отсчёт импульсов, только теперь счётчик работает на вычитание. Как только в счётчике появится число 0, на его выходе переполнения P (вывод 7) устанавливается лог. 0, транзистор VT1 закрывается,

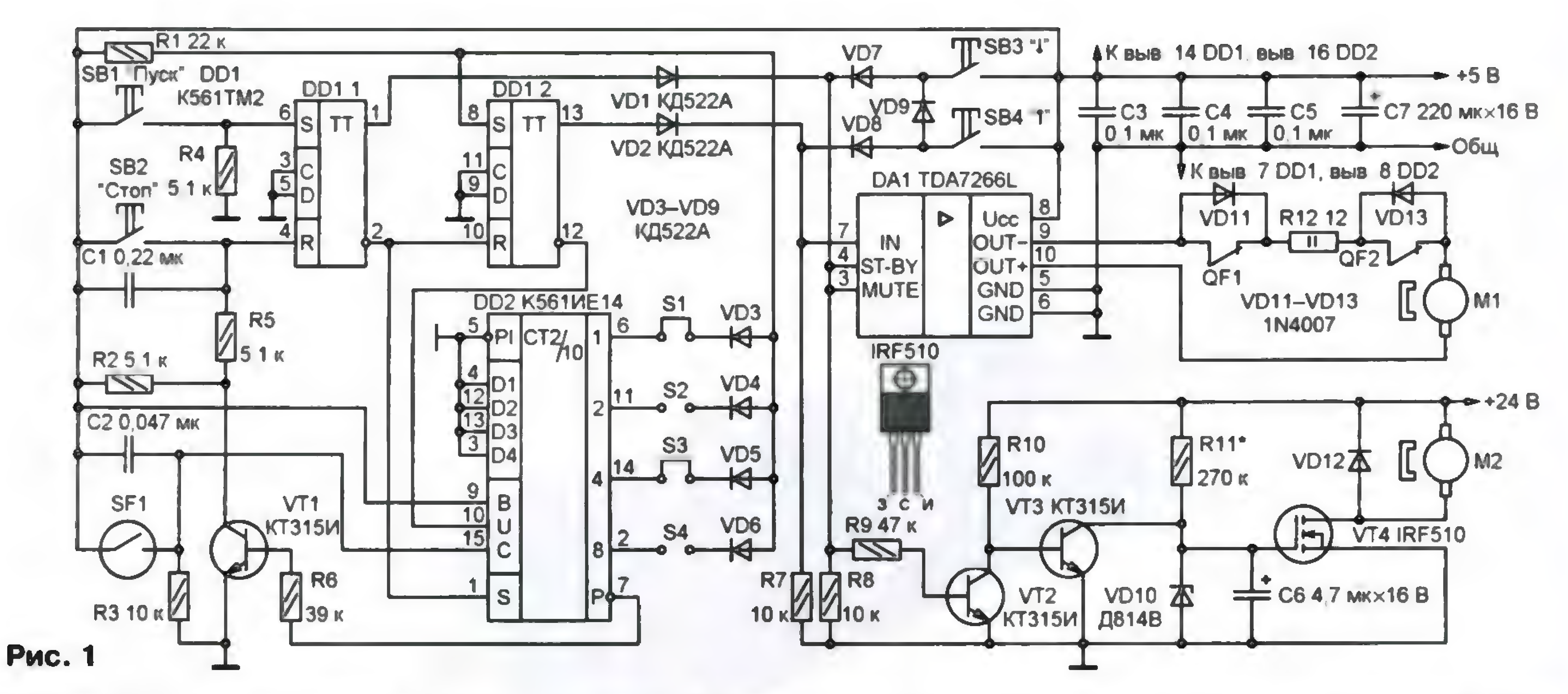


Рис. 1

триггер DD1.1 переключается в нулевое состояние и всё устройство возвращается в исходное состояние.

Требуемое число оборотов винта устанавливают съёмными перемычками S1—S4, подключающими к выходам счётчика DD2 диоды VD3—VD6, аноды которых соединены с входом S триггера DD1.2. На схеме установлены только две перемычки (S1, S3), что соответствует числу пять в двоичном представлении (0101). Для получения другого числа оборотов нужно добавить (или убрать) часть перемычек. Так, если необходимо число 7 (0111), следует установить перемычки S1—S3.

Кнопка SB2 ("Стоп") служит для принудительной остановки станка, кнопками SB3 "↓" и SB4 "↑" можно управлять им в ручном режиме. При нажатии на кнопку SB4 напряжение положительной полярности поступает на все входы микросхемы DA1 (ход сверла вверх), а при нажатии на SB3 — только на входы ST-BY и MUTE (ход сверла вниз). Применение микросхемы TDA7266L, представляющей собой мостовой усилитель мощности ЗЧ с однополярным питанием, позволило обойтись без реле, упростить блок питания и уменьшить габариты устройства. Эта микросхема оказалась удобна тем, что имеет вход выключения ST-BY и не требует навесных элементов. К тому же надёжность микросхемы выше, чем электромагнитного реле.

Резистор R12 ограничивает момент на валу электродвигателя M1. Это необходимо при работе с тонкими свёрлами, так как при большом передаточном числе редуктора даже маломощный двигатель способен обеспечить усилие, вполне достаточное для их поломки. Конечные выключатели QF1 и QF2 срабатывают в крайних положениях шпинделя станка. Поскольку они включены последовательно с двигателем, они зашунтированы диодами VD11 и VD13. Если сработал, например, выключатель QF1, то двигатель запустится через диод VD11, но только при другой полярности напряжения.

Ключ на транзисторах VT2—VT4 работает следующим образом: при появлении лог. 1 на резисторе R8 транзистор VT2 открывается, закрывая VT3. Напряжение на конденсаторе C6 начинает плавно увеличиваться. Благодаря конденсатору C6 транзистор VT4 открывается постепенно и двигатель M2 запускается плавно, без рывка. Стабилитрон VD10 и диод VD12 защищают транзистор VT4 от пробоя.

Немного о деталях. Микросхема К561ИЕ14 заменима счётчиком этой же серии К561ИЕ11, однако её вывод 9 нужно соединить с общим проводом. Заменять микросхему К561ТМ2 аналогом из серии К176 не следует. Возможность замены микросхем импортными аналогами не проверялась.

Микросхему TDA7266L [2] можно заменить другим УМЗЧ, который может работать в мостовом включении с входом выключения (например TDA7360). Вместо диодов КД522А можно применить КД510А, вместо 1N4007 — КД243 с любым буквенным индексом. Транзисторы КТ315И заменимы импортными C945, а полевой транзистор IRF510 — транзистором NTD3055L, причём в этом случае устройство можно существенно упростить, исключив транзисторы VT2, VT3, стабилитрон VD10 и резисторы R10, R11 (**рис. 2**). Правда, при таком построении ключа двигатель M2 будет работать только в автоматическом режиме.

Геркон SF1 — малогабаритный замыкающий, такие используются в устройствах охранной сигнализации. Вместо него можно попробовать применить оптопару с открытым оптическим каналом (практически такая возможность не проверялась). В качестве конечных выключателей QF1, QF2 использованы микропереключатели из неисправной компьютерной мыши.

При изготовлении и регулировке датчика оборотов винта нужно учитывать время, требуемое для остановки подвижной части станка: если оно слишком большое, магнит может останавливаться не точно напротив геркона, а немного позже, когда он уже разомкнут. Это приведёт к тому, что с каждым циклом сверления подвижная часть станка будет

К VD12, M2
VT4 NTD3055L
R9 100 к
К выв. 1 DD1.1
C6 1 мк×16 В
Общ

Рис. 2

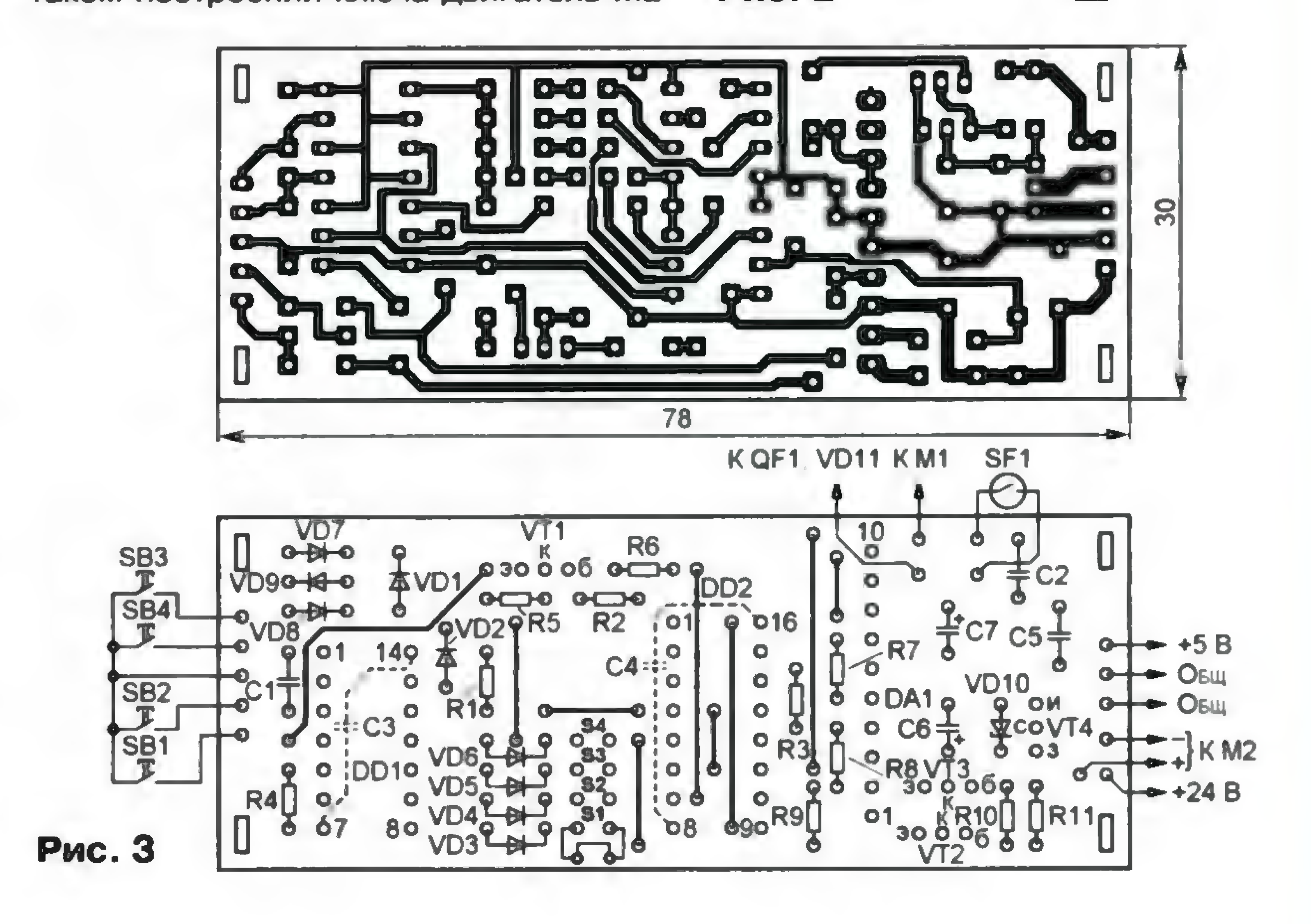


Рис. 3

РАДИО®
РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
тел. 607-88-18
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

подниматься выше, и в какой-то момент сверло перестанет доставать до обрабатываемой платы. Может создаться ошибочное впечатление, что "виноват" дребезг контактов, но это не так. В подобном случае придётся уменьшить напряжение источника +5 В, но делать его ниже 4 В не рекомендуется, поскольку при меньшем напряжении микросхема DA1 может работать некорректно. Можно заменить R12 резистором большего сопротивления или применить для управления герконом более мощный магнит.

Детали устройства смонтированы на печатной плате из фольгированного с одной стороны гетинакса, её чертёж показан на **рис. 3**. Конденсаторы C3 и C4 припаяны к выводам микросхем со стороны печатных проводников. После проверки работоспособности плату желательно покрыть лаком.

Внешний вид готового блока представлен на **рис. 4**. На плате отсутствуют детали электронного ключа на транзисторах VT2, VT3 (он смонтирован отдельно по схеме, показанной на рис. 2) и применены другие диоды (выпаяны из платы старого видеомагнитофона; их тип, к сожалению, неизвестен). Микросхему DA1 и транзистор VT4 следует снабдить теплоотводами в виде дюралюминиевых пластин толщиной 2 мм (первую — площадью 5, а второй — 12 см^2). Если ток заторможенного двигателя M1 невелик (не превышает 300 мА), теплоотвод на DA1 можно не устанавливать.

Налаживание устройства заключается в подборке резистора R11 или конденсатора C6 так, чтобы приводной двигатель успевал разогнаться до номинальной частоты вращения прежде, чем сверло коснётся поверхности обрабатываемой платы. Возможно, потребуется подбор цепи подавления дребезга контактов геркона (C2, R3) и резистора R12. Для питания станка можно использовать лабораторный двухканальный источник. Давать какие-либо конкретные рекомендации здесь затруднительно — всё зависит от напряжения и мощности применённых двигателей.



Рис. 4

Работают на станке с описанным блоком управления следующим образом. Сначала кнопкой SB4 поднимают шпиндель станка вверх и зажимают сверло в патроне. Затем, манипулируя кнопками SB3 и SB4, устанавливают конец сверла на расстоянии около 8 мм от поверхности стола и нажимают на кнопку SB1, запуская первый цикл сверления. Этот цикл необходим для того, чтобы винт остановился в правильном положении (магнитом к геркону), поскольку при ручном управлении нужное положение винта угадать довольно трудно. После того как сверло вернётся в исходное положение, убеждаются, что конец сверла установился на достаточном расстоянии, кладут плату на стол станка и сверлят отверстия только нажатием на кнопку SB1.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Паршин И.** Полуавтоматический сверлильный станок с лазерным указателем. — Радио, 2015, № 7, с. 32—35.

2. TDA7266L — 5W MONO BRIDGE AMPLIFIER. — URL: **http://datasheet.su/datasheet/STMicroelectronics/TDA7266L.pdf** (3.11.2015).

ЭПРА на дискретных элементах для ламп Т8

В. ЛАЗАРЕВ, г. Вязьма Смоленской обл.

В статье предложен простой электронный пускорегулирующий аппарат для люминесцентных ламп Т8, собранный на дискретных элементах.

Люминесцентные лампы на протяжении многих десятилетий являются самым популярным источником света после ламп накаливания. Как известно, для их работы необходим пускорегулирующий аппарат (ПРА) — устройство, обеспечивающее стабильный розжиг и поддерживающее необходимый рабочий ток в лампе. Электронным пускорегулирующим аппаратам (ЭПРА), или электронным балластам, посвящено множество книг и публикаций, например [1, 2]. Универсальный ЭПРА, описанный в [1], обеспечивает "тёплый" старт для ламп и очень низкий коэффициент пульсаций светового потока (около 1 %). Но подобные устройства довольно сложны для повторения в радиолюбительских условиях, требуют редких компонентов и "чувствительны" к трассировке печатной платы, особенно к разводке общего провода. В предлагаемой статье рассмотрен более простой вариант электронного балласта, собранный из распространённых радиодеталей. Схема ЭПРА приведена на **рис. 1**. Он рассчитан на работу с четырьмя лампами Т8 мощностью 18 Вт либо с двумя лампами по 36 Вт (**рис. 2**).

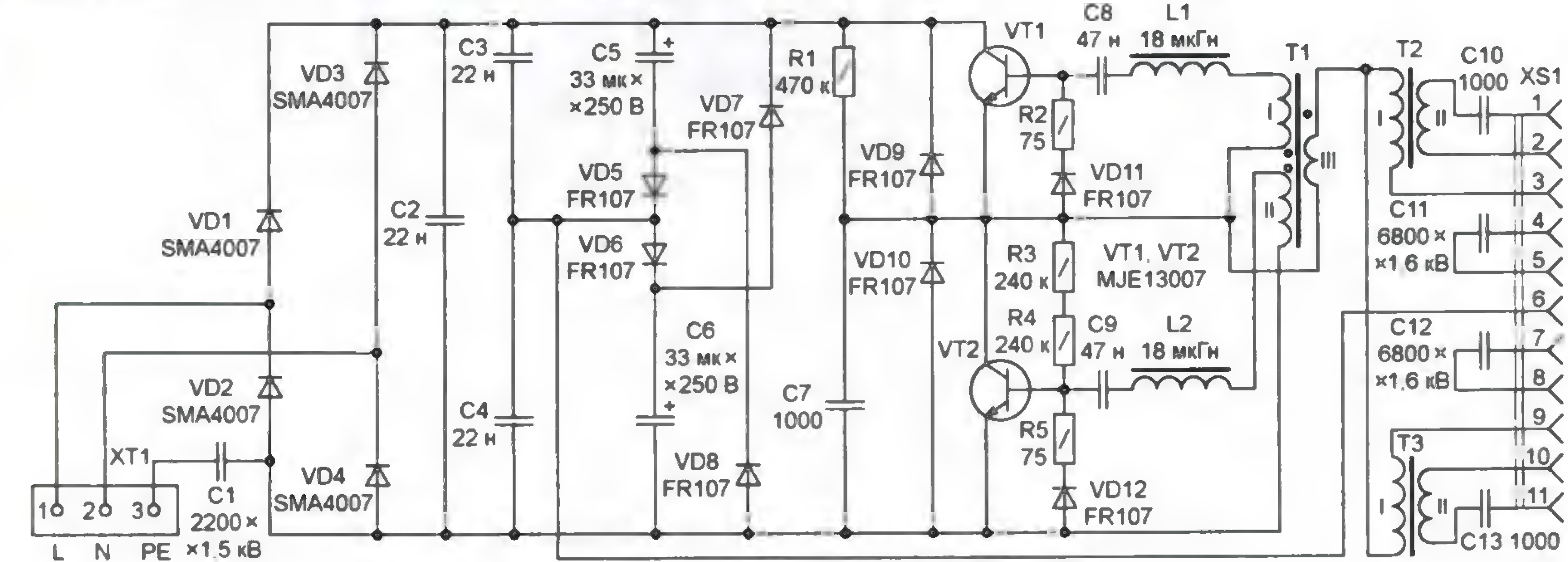


Рис. 1

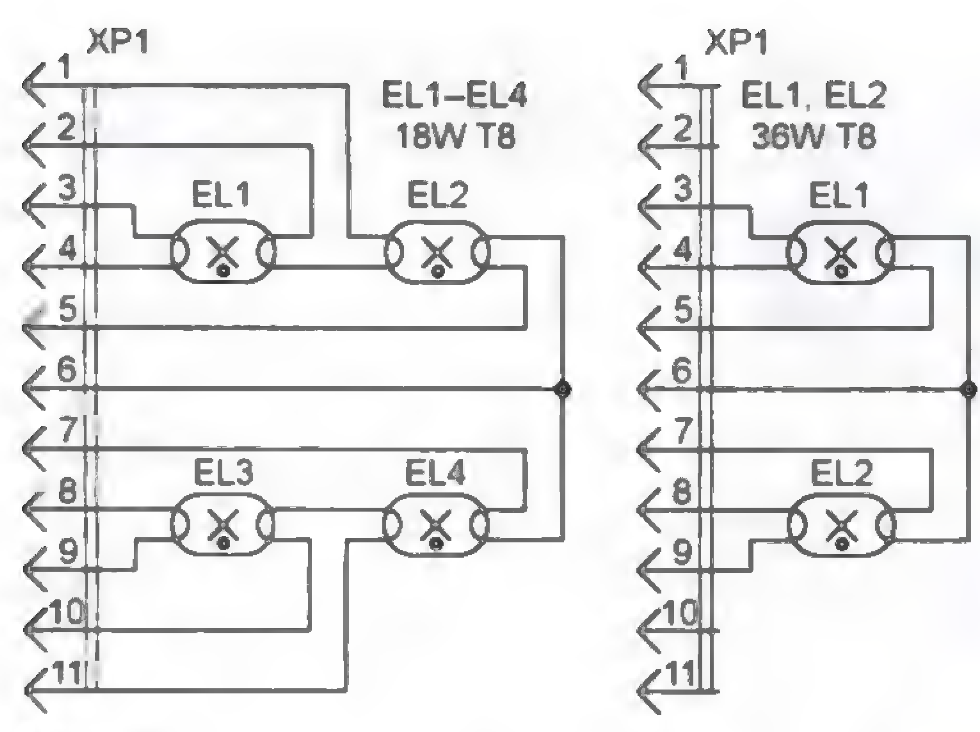


Рис. 2

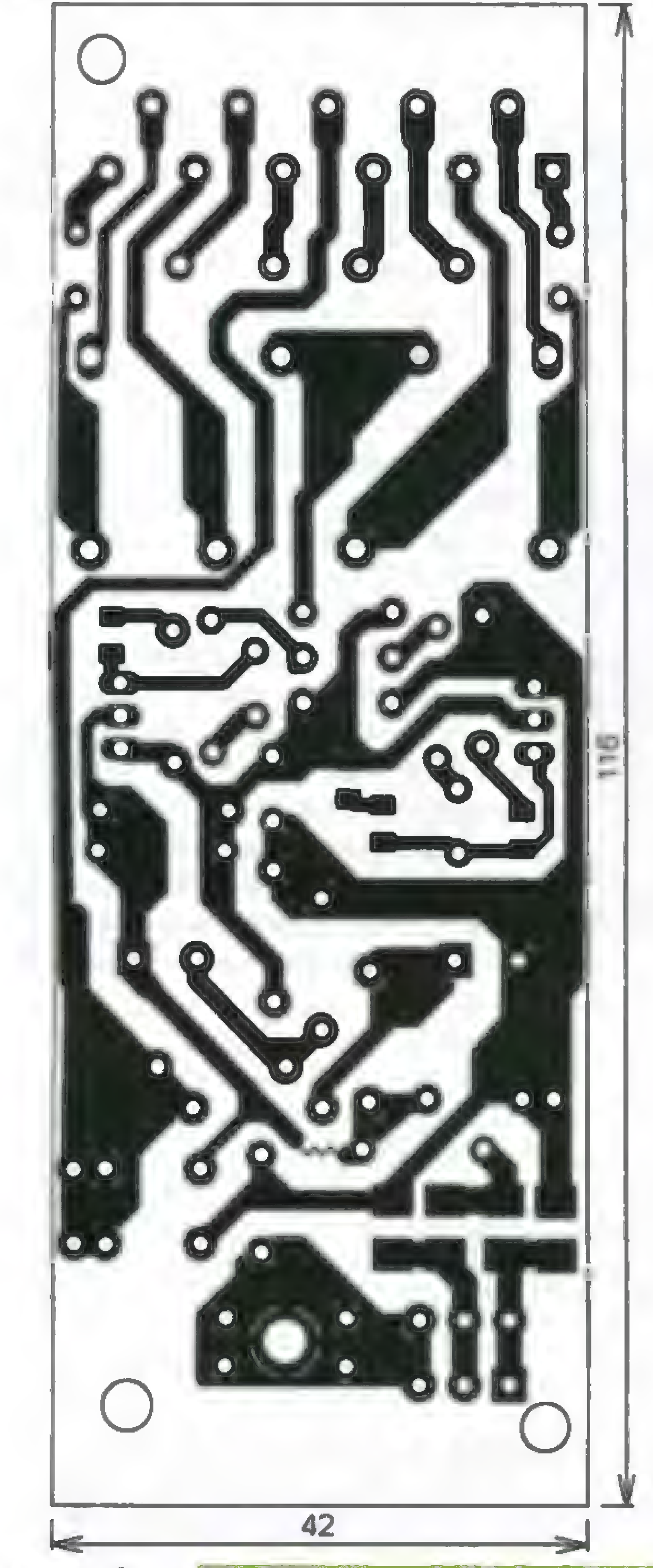
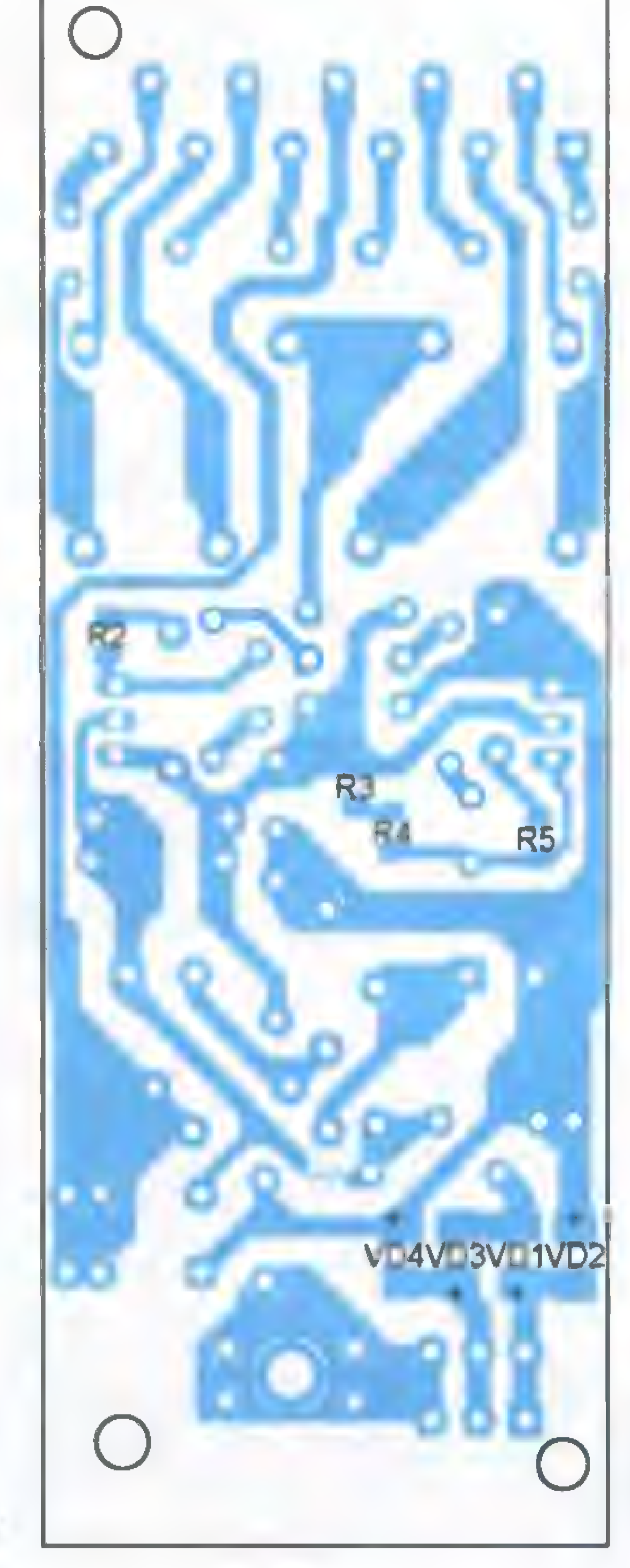


Рис. 3



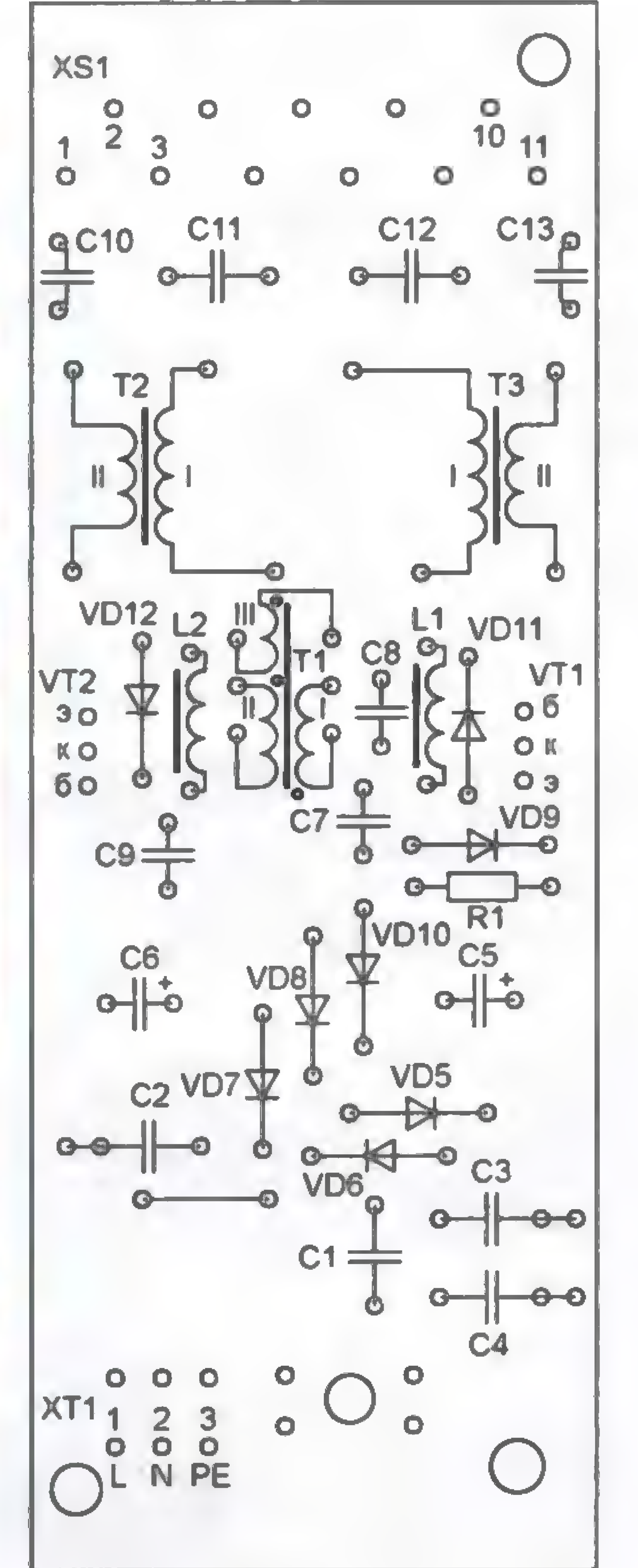


Рис. 4

Основные технические характеристики

Напряжение питания, В .....155...240
Максимальный потребляемый ток (4 лампы по 18 Вт), мА 330
Коэффициент мощности (4 лампы по 18 Вт), не менее 0,96
Коэффициент пульсаций светового потока, %, не более 18
КПД, не менее 0,9
Частота преобразователя, кГц 65

За основу взят полумостовой автогенератор "электронного трансформатора" для галогенных ламп, описанный в [3]. Отличия заключаются в выходном каскаде, в наличии пассивного корректора мощности (в "электронном трансформаторе" для галогенных ламп [3] он не нужен) и изменённой цепи запуска. В остальном принцип его работы аналогичен.

Выходной каскад — это два последовательных LC-контура, включённых параллельно: T2 (обмотка I), C11 и T3 (обмотка I), C12. Каждый контур рассчитан на нагрузку 36 Вт, т. е. две лампы по 18 Вт либо одна лампа мощностью

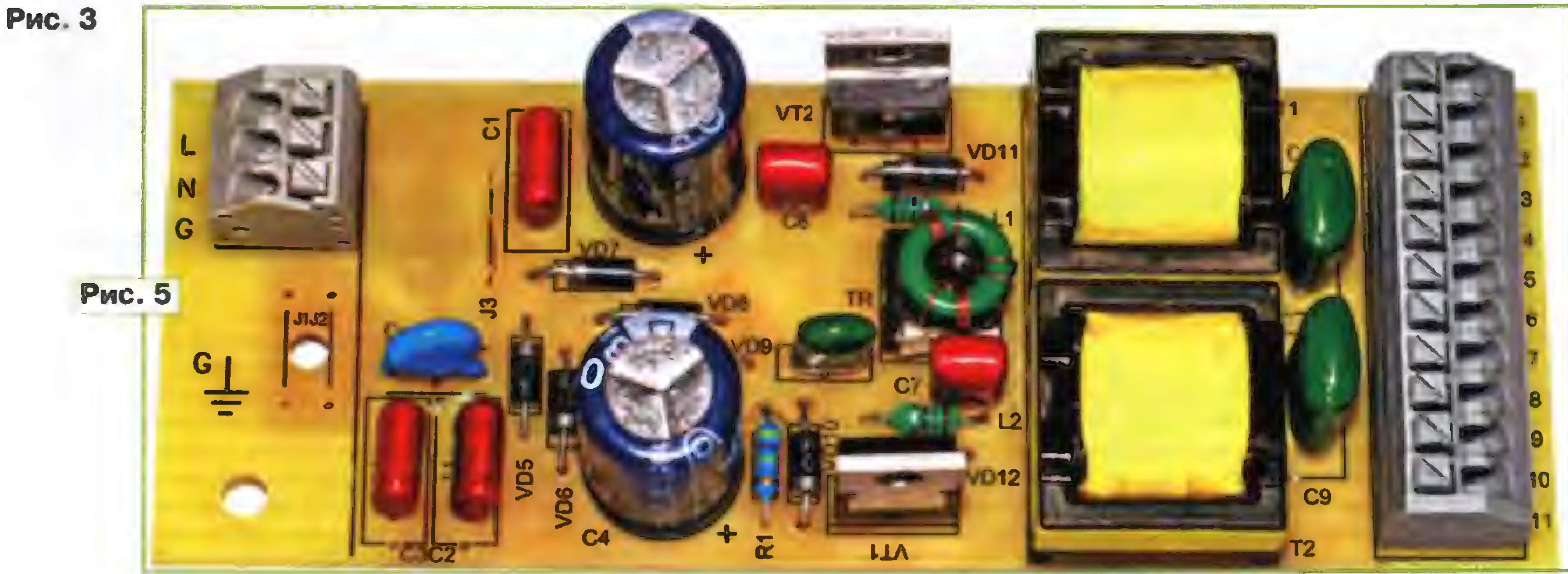


Рис. 5



Рис. 6



Рис. 7



Рис. 8

36 Вт. Резонансная частота контуров — около 60 кГц.

Пассивный корректор мощности собран на диодах VD5—VD8 и конденсаторах C5, C6. Он служит для корректировки формы потребляемого устройством тока. Это обеспечивает коэффициент потребляемой мощности близким к единице. При желании корректор можно исключить, но в этом случае коэффициент мощности не будет превышать 0,5...0,6.

Запуск автогенератора осуществляется без "привычного" в подобных устройствах динистора. Это позволило упростить устройство и избежать главного недостатка динисторного запуска, связанного, по мнению автора, с разбросом параметров самого динистора, который может приводить к нестабильному запуску автогенератора при пониженном напряжении сети. Запуск осуществляется подачей напряжения смещения "напрямую" на базу транзистора VT2 через резисторы R3, R4, а также на колебательный контур, образованный элементами C9, L2, обмоткой II трансформатора T1. Возникающие в нём колебания в сумме с приложенным напряжением смещения и приводят к открыванию транзистора VT2. Сопротивление резисторов R3, R4 подобрано так, что протекающий через них ток недостаточен для удержания в открытом состоянии VT2 в момент возникновения в обмотке II трансформатора T1 напряжения обратной полярности, т. е. в момент, когда откроется транзистор VT1.

Изменение цепи запуска и увеличение рабочей частоты преобразователя с 35 кГц (в "электронном трансформаторе" для галогенных ламп) до 65 кГц позволило добиться устойчивого пуска балласта при понижении напряжения в сети до 145...155 В, а также несколько уменьшить габариты выходных трансформаторов T2 и T3.

Балласт собран на печатной плате размерами 116×42 мм из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита. Чертёж проводников показан на **рис. 3**, расположение элементов — на **рис. 4**. Все элементы для поверхностного монтажа (VD1—VD4, R2—R5) расположены со стороны печатных проводников, выводные — на противоположной стороне платы. Конденсаторы C2—C4, C7, C10, C13 — любые плёночные, подходящих габаритов на номинальное напряжение не менее 400 В (постоянного тока — VDC), C11, C12 — на 1600 В (VDC), C1 — керамический на напряжение 1500 В (VDC), но лучше применить помехоподавляющий конденсатор Y-класса на номинальное напряжение не менее 275 В (переменного тока — VAC). Диоды FR107 (VD5—VD12) можно заменить любыми быстродействующими выпрямительными с обратным напряжением не менее 600 В и прямым током не менее 300 мА. Трансформатор T1 намотан на кольцевом магнитопроводе (магнитная проницаемость — 2300) с внеш-

ним диаметром 9, внутренним — 5 и высотой кольца — 3,5 мм. Обмотки I и II содержат по четыре витка, обмотка III имеет два витка одножильного провода диаметром 0,3 мм. Направление всех обмоток должно быть одинаковым. Обмотки I и II должны иметь индуктивность 16 ±15 % мкГн, обмотка III — 4 мкГн. Выходные трансформаторы T2 и T3 намотаны на магнитопроводах E20/10/6 из материала N27 (Epcos) или аналогичных с немагнитным зазором около 1 мм. Первичные обмотки содержат по 130 витков жгута из шести проводов диаметром 0,1...0,15 мм. При отсутствии шестижильного жгута можно использовать одножильный провод диаметром 0,25... 0,35 мм, однако при этом нагрев трансформаторов увеличится на 10...15 °C. Вторичные обмотки имеют по 13 витков одножильного провода диаметром 0,3 мм. Индуктивность первичных обмоток должна быть 1±15 % мГн. Дроссели L1, L2 — стандартные, например EC24.

Фотографии печатной платы собранного устройства приведены на **рис. 5**, **рис. 6**. Фотографии работающего балласта с лампами — на **рис. 7** и **рис. 8**. Правильно собранное устройство начинает работать сразу и налаживания не требует.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Лазарев В.** Универсальный ЭПРА с "тёплым" стартом для люминесцентных ламп T8. — Радио, 2015, № 9, с. 31—35.
2. **Давиденко Ю. Н.** Настольная книга домашнего электрика: люминесцентные лампы. — СПб.: Наука и Техника, 2005.
3. **Лазарев В.** "Электронные трансформаторы" для галогенных ламп 12 В. — Радио, 2015, № 8, с. 32—36.

Усовершенствованный автомат управления уличным освещением

А. САВЧЕНКО, пос. Зеленоградский Московской обл.

Описанное автором этой статьи в [Л] устройство определяет моменты включения и выключения освещения по таймеру с учётом изменяющегося в течение года времени восхода и захода солнца. Предлагаемый ниже вариант дополнен датчиком освещённости, который позволяет учесть и различие погодных условий. Предусмотрен контроль температуры датчика, что позволяет скомпенсировать её влияние.

Разница между потребными при ясной и пасмурной погоде моментами включения или выключения освещения по наблюдениям автора достигает 7...10 мин. Простой расчёт показывает, что при установленной мощности осветительных приборов 25 кВт (что типично для небольшой городской улицы) десять лишних минут работы освещения утром и столько же вечером приводят к бесполезному расходу 1500 кВт·ч электроэнергии в год, если считать, что число ясных и пасмурных дней в году одинаково.

Классическое устройство, управляющее уличным освещением, исходя из естественной освещённости, состоит из её датчика (обычно фоторезистора) и порогового устройства с релейным выходом. Однако в реальных условиях такое устройство, будучи чувствительным аналоговым прибором, имеет существенную зависимость моментов срабатывания от ряда мешающих факторов. К ним относятся существенная зависимость характеристик фоточувствительных приборов от температуры окружающей среды, температурный дрейф порога, наводки электромагнитных помех на вход порогового устройства.

Воздействия этих факторов приводят к изменениям момента срабатывания устройства, исчисляемым десятками минут и более, что сводит на нет кажущуюся оптимальность управления освещением. Правда, с этим воздействием можно в той или иной степени бороться, но это требует усложнения устройства.

Нельзя не упомянуть и другие внешние факторы, влияние которых во многом случайно, но может недопустимо исказить работу устройства. Например, принесённый ветром и налипший на окно датчика освещённости лист дерева способен привести к включению уличного освещения днём, а разразившаяся ночью гроза — к его выключению в самый неподходящий момент.

Автор поставил перед собой задачу создать устройство управления уличным освещением в зависимости от освещённости, которое бы было максимально свободно от влияния перечисленных неблагоприятных факторов. В предлагаемом устройстве использованы технические решения, повышающие точность и надёжность его работы. Предельно упрощён аналоговый тракт. Сигнал с выхода датчика освещённости сразу же оцифровывается и далее обрабатывается цифровыми методами. Это позволяет уменьшить влияние помех и исключить из прибора чувствительное аналоговое пороговое устройство, устранив этим проблемы, связанные с дрейфом порога его срабатывания.

Датчик освещённости снабжён цифровым термометром, что позволяет скомпенсировать зависимость сопротивления фоторезистора датчика от температуры.

Для устранения кратковременных флюктуаций сигнала датчика освещённости, вызванных как внутренними (например, бросками напряжения питания), так и внешними (например, вспышками молнии) причинами, предусмотрена программная селекция этого сигнала по длительности. Кратковременные (менее 10 с) изменения показаний игнорируются.

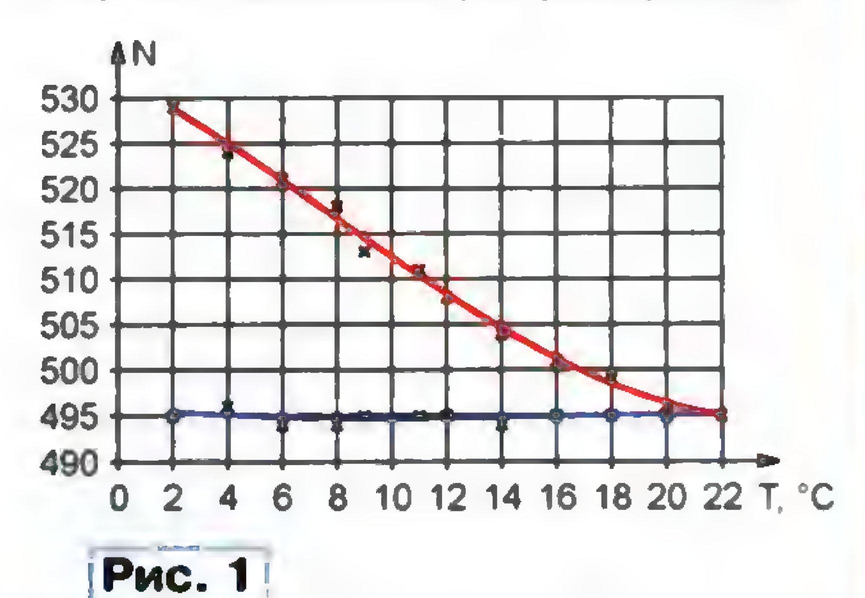


Рис. 1

Программа формирует утренний и вечерний интервалы времени, в которых разрешено изменение состояния уличного освещения. За пределами этих интервалов автоматическое включение и выключение освещения невозможно. Такой механизм позволяет резко минимизировать негативное воздействие непрогнозируемых факторов. Например, налипший днём на окно датчика лист уже не вызовет ненужного включения освещения. Однако вызванное им снижение освещённости датчика будет воспринято как признак аварии, поэтому ближайшим вечером освещение будет включено в расчётный момент без учёта фактической освещённости.

Код освещённости с выхода АЦП микроконтроллера обрабатывает подпрограмма, которая на основании показаний датчика температуры устраняет температурную составляющую падения напряжения на фоторезисторе. На **рис. 1** приведены эксперименталь-

тел. 608-28-38

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

но снятые зависимости кода N на выходе АЦП от температуры датчика при постоянной освещённости, близкой к пороговой, до корректировки (красная линия) и после неё (синяя линия).

Откорректированный код освещённости программа сравнивает с заданным порогом. Если он превышен на время более 10 с, признак "Светло/Темно" принимает логическое значение 1 ("Светло"), в противном случае — 0 ("Темно"). Аналогично обрабатываются пересечения порога в обратную сторону. Как уже отмечалось, селекция по длительности позволяет исключить ложные срабатывания устройства от кратковременных внешних воздействий.

Сигнал управления освещением формирует подпрограмма логической обработки на основании признака "Светло/Темно". При этом она учитывает признак "День/Ночь", сформированный подпрограммой астротаймера, аналогичной применённой в [Л]. Там этот признак непосредственно использовался для управления освещением. Рассматриваемая программа с его помощью формирует разрешённые интервалы переключения освещения. Логику её работы поясняют графики на **рис. 2**. Полуширину интервала (Δt) задаёт пользователь через сервисное меню.



Рис. 2

Анализируя положение моментов изменения признака "Светло/Темно" относительно разрешённых интервалов, подпрограмма логической обработки принимает решение о включении или выключении освещения по данным датчика освещённости либо о признании работы этого датчика некорректной, выработке признака "Авария" и переходе в аварийный режим работы. В последнем случае управление освещением в течение текущих суток происходит по астротаймеру в полном соответствии с логикой работы устройства, описанного в [Л]. С началом следующих суток признак "Авария" отменяется.

На **рис. 3** показана нормальная работа устройства. Здесь признак "Светло/Темно" принимает нулевое значение в пределах разрешённого интервала. По его перепаду происходит включение уличного освещения.

На **рис. 4** признак "Светло/Темно" принимает нулевое значение в светлое время суток. По перепаду этого признака формируется признак "Авария". Освещение включается лишь при переходе в нулевое состояние признака "День/Ночь". На **рис. 5** показана обратная ситуация. Здесь признак "Светло/Темно" принимает нулевое значение слишком поздно. В этом случае признак "Авария" формируется по окончании разрешенного интервала, и в тот же момент включается освещение, так как признак "День/Ночь" уже имеет нулевое значение.

Схема устройства изображена на **рис. 6**. Она мало отличается от описанной в [Л]. Сигнал с фоторезистора R1 (GL5516) поступает на вход канала ADC3 АЦП микроконтроллера. Для подавления возможных помех от внешних электромагнитных полей параллельно резистору R2 (нагрузке фоторезистора R1) установлен блокировочный конденсатор C4. Цифровой датчик температуры фоторезистора BK1 (DS18B20) связан с микроконтроллером по интерфейсу 1-Wire. Его информационная линия соединена с выводом PC2 микроконтроллера. В

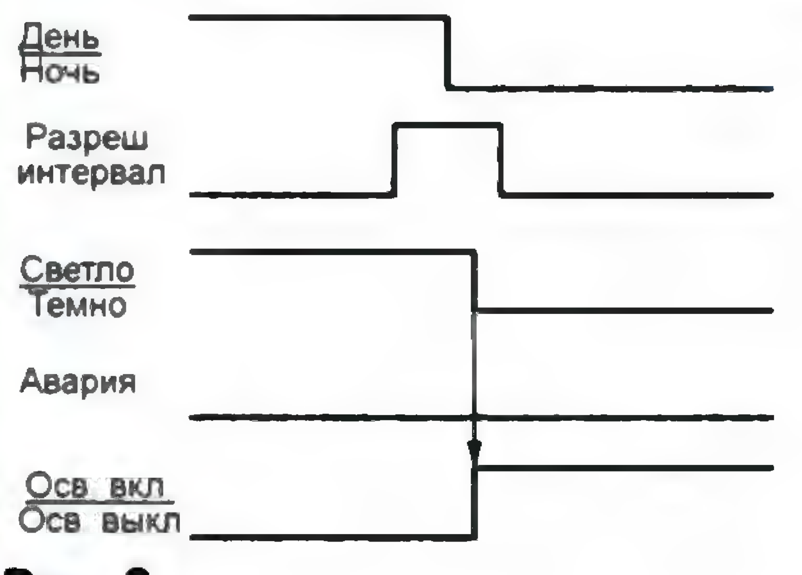


Рис. 3

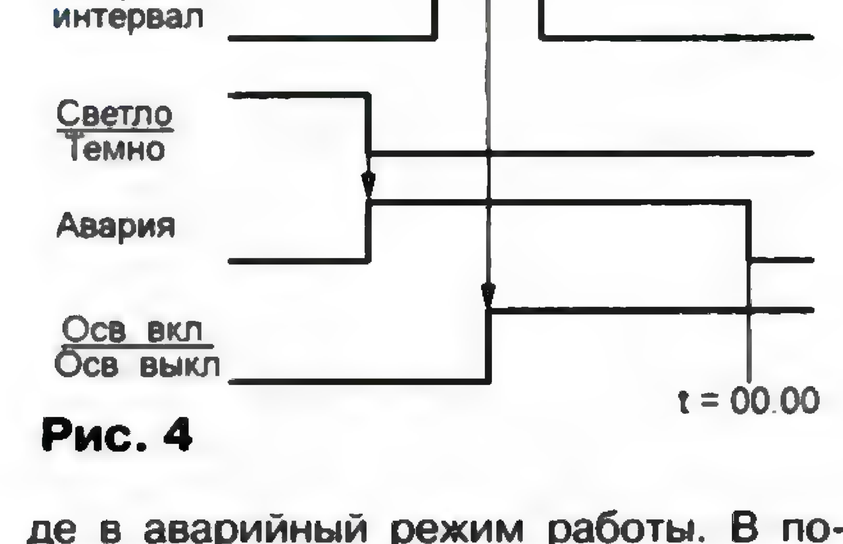


Рис. 4

День
Ночь
Разреш интервал
Светло
Темно
Авария
Осв вкл
Осв выкл
t = 00.00

Рис. 5

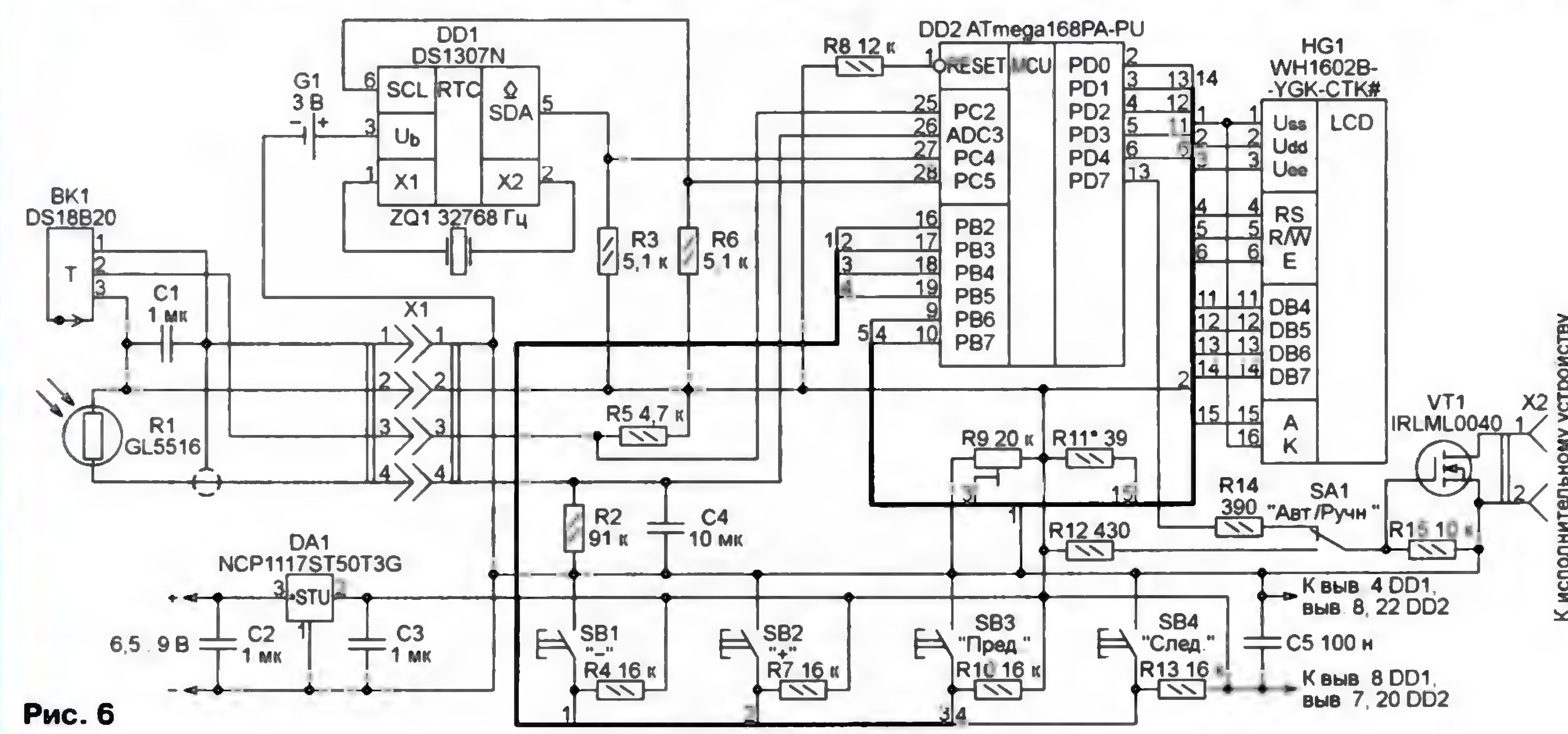
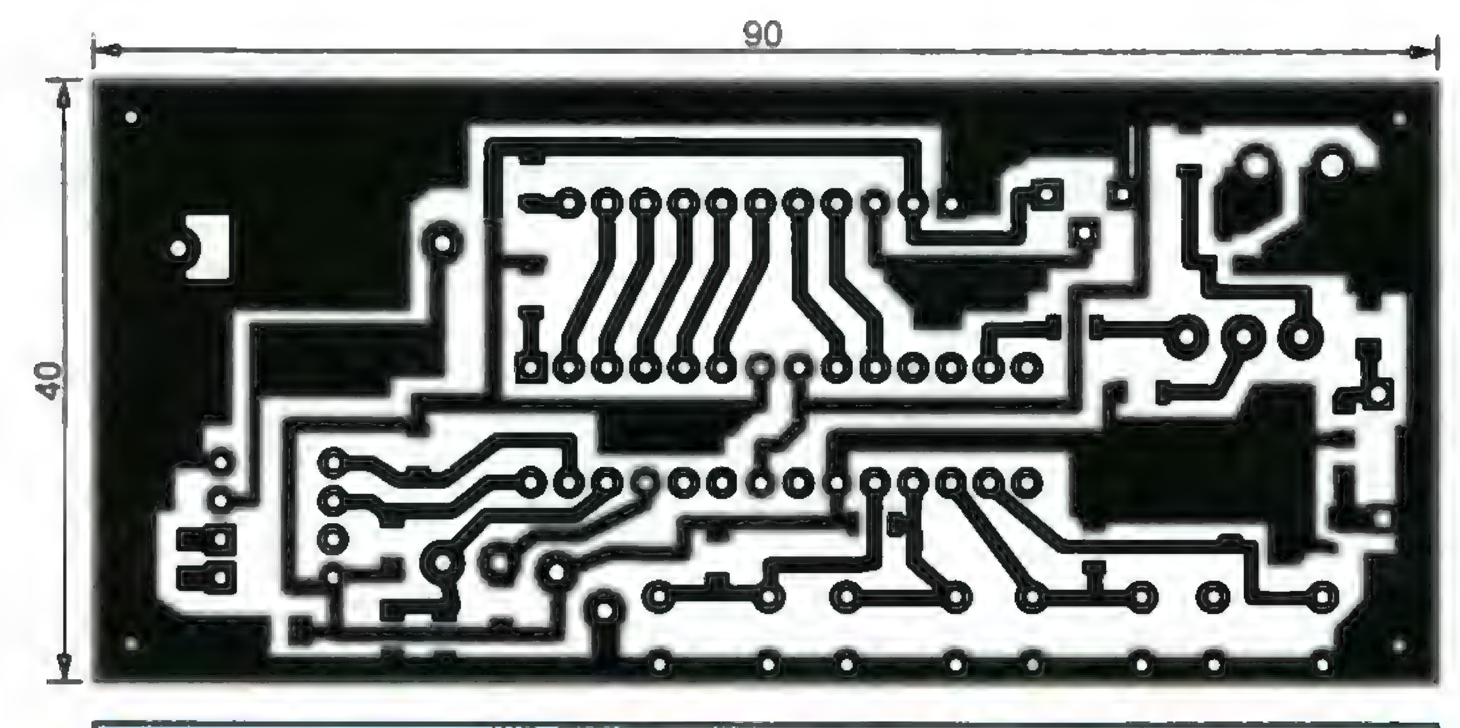
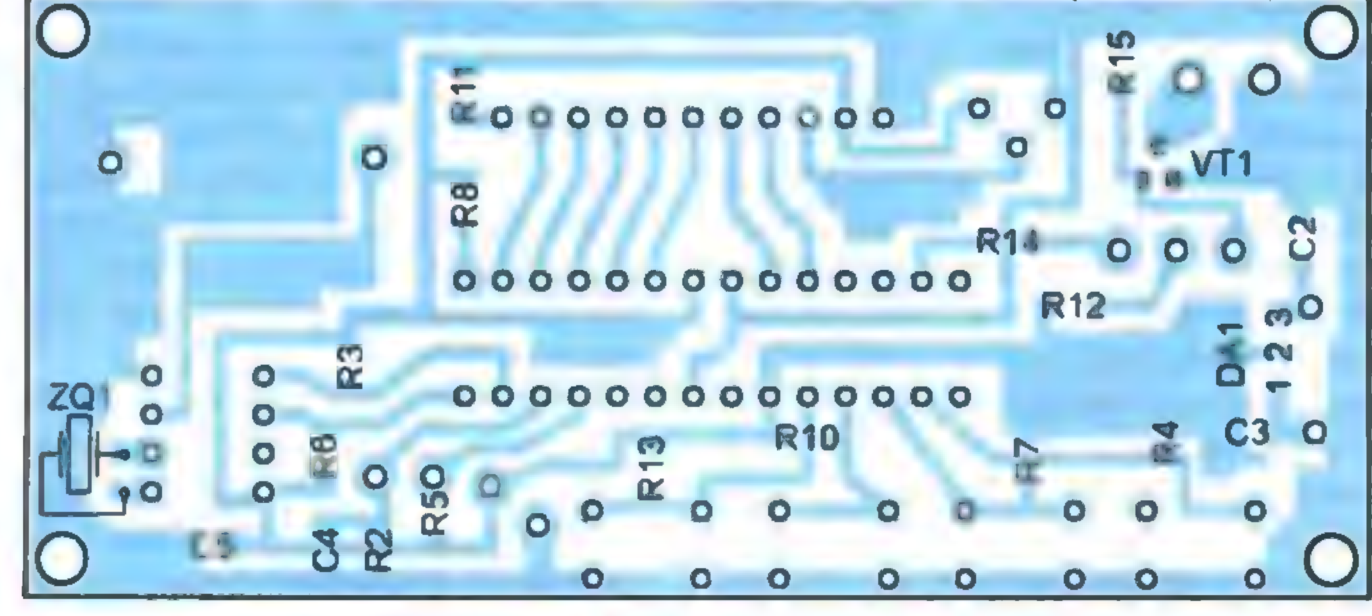


Рис. 6





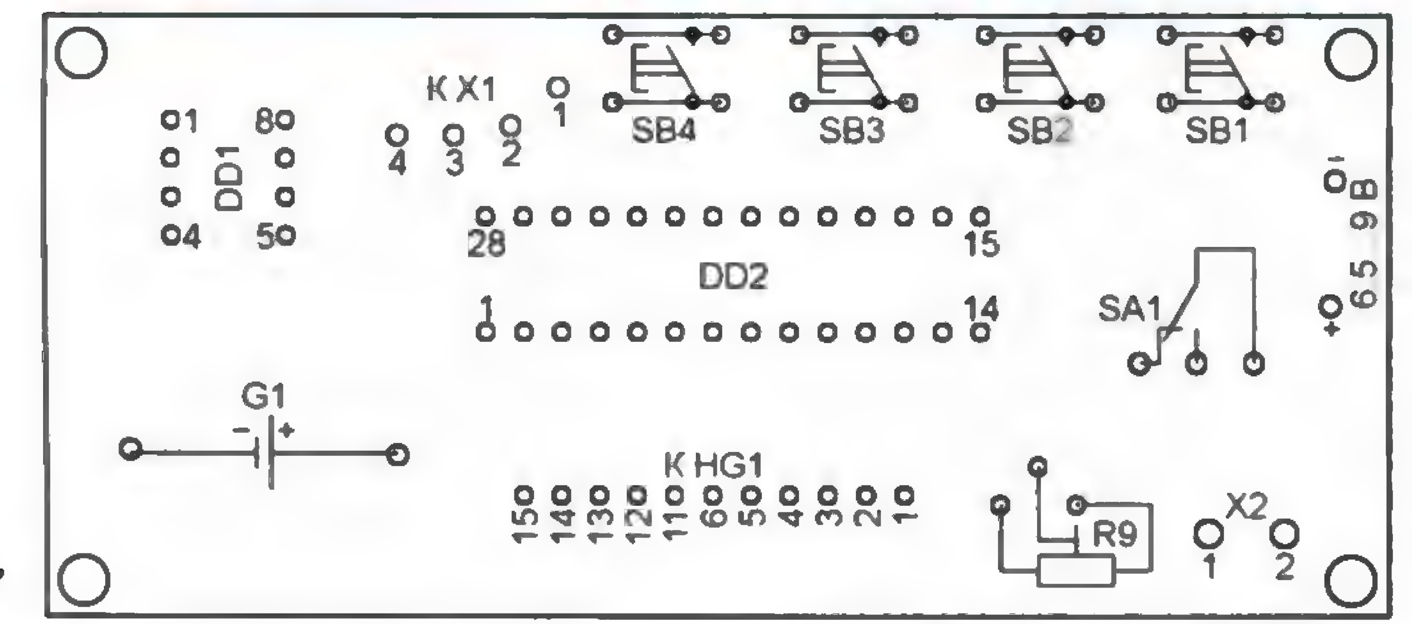


Рис. 7

остальном назначение и работа элементов устройства аналогичны описанным в [Л].

Печатная плата устройства изображена на **рис. 7**. Она изготовлена из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита. Применены конденсаторы и постоянные резисторы типоразмера 1206 для поверхностного монтажа. Подстроечный резистор R9 — с проволочными выводами. Для микроконтроллера предусмотрена панель, куда его следует вставлять уже запрограммированным, а для литиевого элемента CR2035 (G1) — держатель CH224-2032.

Провода от выводов индикатора HG1 припаивают к предназначенным для них контактным площадкам платы, имеющим те же номера, что и выводы. При желании здесь можно установить разъём с расположением контактов в один ряд с шагом 2,54 мм.

Датчик освещённости устанавливают в любом удобном месте, которого не достигают прямые солнечные лучи. Его подключают к плате через разъём X1 четырёхпроводным гибким кабелем, один из проводов которого экранирован. Такие кабели используются в системах видеонаблюдения.

После установки в панель на плате запрограммированного микроконтроллера (его конфигурация аналогична описанной в [Л]) подайте на устройство напряжение питания.

Прим. ред. *Значение разряда конфигурации микроконтроллера CKDIV8=0 в [Л] указано ошибочно. В микроконтроллерах как старого, так и нового вариантов устройства управления освещением разряд должен быть оставлен незапрограммированным (CKDIV8=1).*

Наличие подсветки индикатора уже свидетельствует об отсутствии замыканий в цепи питания, однако целесообразно измерить потребляемый ток, который должен находиться в пределах 40...60 мА. Далее подстроечным резистором R9 установите оптимальную контрастность изображения на индикаторе. Если экран пуст или на него выведен хаотический набор символов, следует искать ошибки в монтаже либо неисправные элементы.

Ввод необходимых параметров работы устройства и отображение их на экране индикатора не отличаются от описанных в [Л], за исключением того, что в меню добавлен пункт установки порога срабатывания по сигналу датчика освещённости.

При выборе этого пункта в верхней строке индикатора после его названия будет выведено значение кода освещённости с выхода АЦП, откорректированное программой термокомпенсации. При нажатии на кнопку SB2 это значение будет записано в EEPROM микроконтроллера в качестве порогового.

В случае, если программа сформировала признак "Авария" и управление освещением ведётся только по данным астротаймера, значение текущего времени на экране индикатора каждые 6 с на 3 с сменяется надписью "!СВ!".

После размещения оптического датчика на выбранном для него месте требуется грамотно установить смещение перепада сигнала "День/Ночь" относительно моментов, вычисленных подпрограммой астротаймера, полуширину разрешённых интервалов включения и выключения освещения, порог срабатывания канала освещённости. Это рекомендуется делать в следующем порядке:

1. Опытным путём подобрать и ввести в программу смещение исходя из особенностей естественного освещения в месте установки устройства. После этого перевести устройство в рабочий режим и записать или запомнить выведенные в нижней строке индикатора времена, соответствующие серединам утреннего и вечернего разрешённых интервалов.

2. Визуально определив требуемый момент выключения (утром) или включения (вечером) освещения, перевести устройство в режим ввода параметров, выбрать пункт установки порога и нажать на кнопку SB2. Порог будет установлен равным текущему значению освещённости, измеренному датчиком. Устройство перейдёт в рабочий режим. Следует вычислить разность (в минутах) между моментом нажатия кнопки и записанным ранее временем середины соответствующего разрешённого интервала. Если эта разность по абсолютному значению больше 25...30 мин, значит, смещение выбрано неправильно и все операции следует повторить. Если меньше, то увеличив её на 25...40 %, получим требуемую полуширину разрешённого интервала. Программа не разрешает установить полуширину менее 15 и более 30 мин. Меньшие значения влекут увеличение вероятности принять правильное срабатывание канала освещённости за ложное, а большие — ложное за правильное. Если расчётная полуширина получилась меньше 15 мин, следует увеличить её до этого значения.

3. Перевести устройство в режим ввода параметров, выбрать пункт установки полуширины, ввести её расчётное значение и перевести устройство в рабочий режим. Теперь оно готово к применению.

ЛИТЕРАТУРА

Савченко А. Автомат управления уличным освещением с астротаймером. — Радио, 2015, № 7, с. 40—43.

От редакции. *Файл печатной платы в формате Sprint Layout 5.0 и программа микроконтроллера имеются по адресу* ***ftp://ftp.radio.ru/pub/2016/01/swet-new.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Точность компенсации изменений температуры датчика освещённости проверена автором только при температуре от 2 до 24 °С и только с фоторезистором одного указанного на схеме типа. Качество компенсации в более широком интервале температуры или с фоторезистором другого типа не гарантировано. Его обеспечение может потребовать переработки программы микроконтроллера.

тел. 608-28-38
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Антенный адаптер-"флюгарка"

Н. КАЛИТЁНКОВ, В. ЛЕБЕДЕВ, В. МИЛКИН, А. ШУЛЬЖЕНКО, г. Мурманск

Предлагаемый вниманию читателей материал — органичное продолжение статьи [1]. Сегодня производители не только не отстают от насущных потребностей покупателей, но и стимулируют новые приобретения, навязывая надоедливой рекламой свою продукцию. Всевозможными радиотехническими устройствами теперь переполнены не только супермаркеты, но и наши квартиры. Ввиду того что эти радиоэлектронные богатства не должны лежать без дела подобно нестареющим традиционным ценностям, их владельцы всё чаще задумываются над совместной "жизнью" этих устройств в квартирах и офисах и воздействии создаваемых ими электромагнитных полей на пользователей. Небезынтересно в этой связи круглосуточное использование беспроводных сетей Wi-Fi, работающих на тех же частотах, что и повседневно, но кратковременно включаемые СВЧ-печи.

В общем, налицо проблемы электромагнитной совместимости радиоэлектронных устройств, находящихся в жилищах, и допустимого влияния электромагнитных излучений на людей. Во многом они решаются перераспределением электромагнитной энергии в пространстве при излучении и повышенной направленностью приёма электромагнитных волн. Это требует перехода в домашних Wi-Fi сетях от всенаправленных антенн к антеннам с узкими диаграммами направленности, излучающих только в сторону абонента сети. Некоторые радиолюбительские разработки этого направления рассмотрены в книге [2]. Антенные адаптеры, ранее рассмотренные в статье [1], тоже могут сыграть свою роль.

Заслуживает внимания эскизно показанный на **рис. 1** Wi-Fi антенный адаптер-"флюгарка", содержащий систему пассивных вибраторов с устройством крепежа насадки на ненаправленную антенну [3]. Он выполнен в виде плоской насадки на активный вибратор антенны и фиксируется на нём за счёт упругости разведённых в разные стороны полосок диэлектрической подложки адаптера, разведённых в разные стороны и охватывающих вибратор. "Флюгарку" можно вращать вокруг оси вибратора и перемещать по нему.

Рефлектор адаптера представляет собой комбинацию петлевого и треугольного элементов с непосредственным перекрёстным соединением, подобным применённому в устройстве, описанном в статье [4]. Длина провода, из которого изготовлен рефлектор, равна $\lambda_{ср}$. Петлевой элемент рефлектора размещён на "флюгарке" на удалении $\lambda_{ср}/4$ от оси активного вибратора. С другой стороны оси на удалении $\lambda_{ср}/8$ размещён директор длиной немного менее $\lambda_{ср}/2$.

Эта структура характеризуется диаграммами направленности и электрическими параметрами, представленными на **рис. 2**. Она пригодна для изготовления неподготовленными пользователями. Квалифицированные радиолюбители могут её усовершенствовать.

Рис. 1

Рис. 2

Ge 7,65 dBi = 0 dB (V поляризация)
Gh 5,5 dBd
F/B 12,32 dB Тыл Азим. 120 гр. Элевация 60 гр
F 2450,000 МГц
Z 25,089 + j8,280 Ом
КСВ 2,0 (50,0 Ом)
Elev гр.: 0,1 гр (Свободное пространство)
(Для зенитного угла 0,0 гр усиление = 7,7 dBi)

На **рис. 3** изображена в масштабе 1:1 развёртка диэлектрической подложки адаптера. Чтобы изготовить его, скопируйте рисунок на более плотную бумагу или тонкий картон и вырежьте подложку по контуру. Рефлектор и директор сделайте из неизолированного или лакированного провода диаметром 0,1...0,2 мм, проложив его по красным линиям и закрепив, например, липкой лентой. Можно и прошить подложку проводом, переводя его с одной её стороны на другую, как это делается при обычном шитье. Спаивать концы провода рефлектора следует без нарушения симметрии в центре основания треугольника либо в центре петлевого элемента. Наклонные участки провода не должны соприкасаться в месте пересечения.

По завершении прокладки проводов сложите подложку по штриховым линиям изгиба так, чтобы её часть с вибраторами оказалась внутри. Устранив дефекты и прогладив сгибы, полученную конструкцию вновь разверните, нанеси-

A = 5 мм (0,45 $\lambda_{ср}$)
B = 49 мм (0,4 $\lambda_{ср}$)
C = 3 мм
D = 61 мм (0,5 $\lambda_{ср}$)
E = 15 мм (0.123 $\lambda_{ср}$)
F = 10.5 мм (0.086 $\lambda_{ср}$)
G = 36,5 мм (0,296 $\lambda_{ср}$)
H = G+4 мм
J = 20 мм

Рис. 3



Рис. 4

те на её внутреннюю поверхность любой клей для бумаги, вновь сложите и поместите под груз до полного высыхания клея.

После просушки сделайте острым ножом в адаптере прорези по линиям, имеющимся на развёртке. Раздвиньте в разные стороны участки бумаги между прорезями и наденьте адаптер на активный вибратор антенны. На фотоснимке **рис. 4** показан внешний вид антенны с тремя адаптерами. Для улучшения связи в конкретных направлениях они могут быть направлены в разные стороны.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Калитёнков Н., Лебедев В., Милкин В., Шульженко А.** Антенный адаптер для повышения эффективности функционирования беспроводных сетей. — Радио, 2015, № 1, с. 34—36.

2. **Массорин В.** Как собрать антенны для связи, телевидения, Wi-Fi своими руками. — С.-Пб.: Наука и техника, 2011.

3. **Милкин В., Калитёнков Н., Лебедев В., Шульженко А.** Wi-Fi антенный адаптер-"флюгарка". — Заявка на полезную модель № 2015106151 от 24.02.2015.

4. **Милкин В., Калитёнков Н., Лебедев В., Шульженко А.** Укороченная УКВ-антенна. — Радио, 2015, № 7, с. 59—63.

тел. 608-28-38
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 1, 2016

Логометрический термометр

В. ПРОКОШИН, г. Орёл

В этом термометре, построенном на стандартном, широко распространённом в промышленности датчике температуры серии ТСМ и микросхеме АЦП двойного интегрирования КР572ПВ2, специально предназначенной для измерительных приборов, приняты все меры для компенсации влияния источников погрешности и повышения точности отсчёта температуры.

Логометрический метод измерения сопротивления резистивного датчика температуры (метод отношений) позволяет простым способом устранить влияние нестабильности тока, протекающего через датчик, на точность преобразования. Принцип этого метода иллюстрирует **рис. 1**. Ток I создаёт на сопротивлении датчика $R_д$ падение напряжения $U_д=I \cdot R_д$. Последовательно с датчиком включено образцовое сопротивление $R_о$, на котором падает напряжение $U_о$. Результат измерения $N=U_д/U_о=R_д/R_о$ не зависит от тока, поскольку $U_д$ и $U_о$ изменяются пропорционально ему. Точность измерения зависит только от температурной стабильности образцового сопротивления $R_о$.

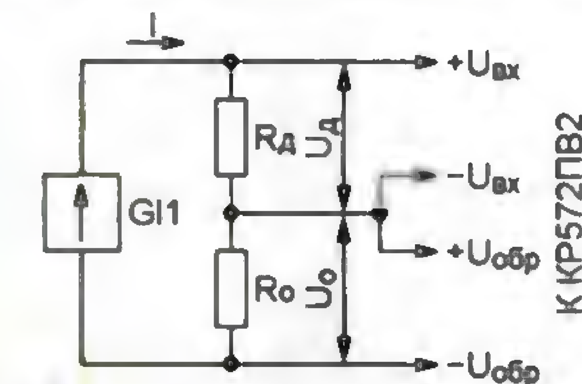


Рис. 1

Микросхема КР572ПВ2 (аналог импортной ICL7107) предназначена именно для таких измерений. Она имеет дифференциальные взаимно развязанные входы измеряемого (входного) $U_{вх}$ и образцового $U_{обр}$ напряжения, а результат измерения — отношение $U_{вх}$ к $U_{обр}$.

При измерении температуры по шкале Цельсия требуется отображать ещё и знак температуры. Для этого в измерительную цепь нужно ввести, как показано на **рис. 2**, резистор смещения $R_{см}$, сопротивление которого должно быть равно сопротивлению датчика при температуре 0 °С. Результат измерения будет равен

$$N = \frac{U_д - U_{см}}{U_о} = \frac{R_д - R_{см}}{R_о}.$$

Точность измерения в этом случае зависит от температурной стабильности не только $R_о$, но и $R_{см}$. Однако у микросхемы КР572ПВ2 входы для подачи напряжения $U_{см}$ не предусмотрены. В предлагаемом варианте термометра решена не только эта, но и другие проблемы. Он нечувствителен к стабильности тока, протекающего через датчик, дрейфу нуля и дрейфу коэффициента усиления входящего в состав прибора операционного усилителя, к сопротивлению проводов, соединяющих датчик и термометр, переходному сопротивлению контактов разъёма датчика, а в случае применения нескольких переключаемых датчиков — к переходному сопротивлению контактов переключателя.

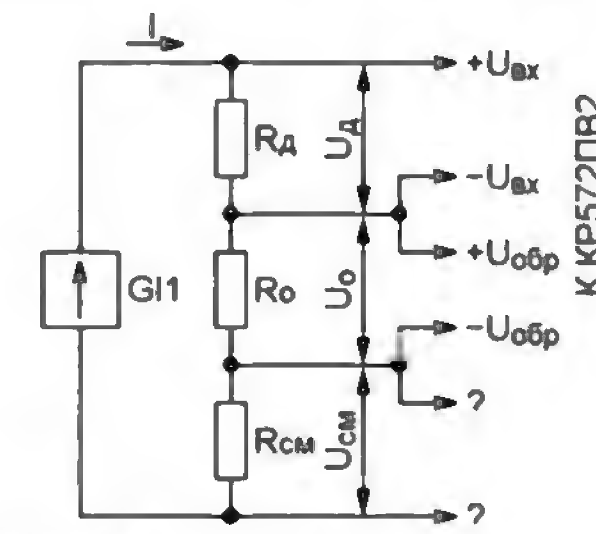


Рис. 2

Термометр измеряет температуру в интервале от −50 до 180 °С с разрешающей способностью 0,1 °С. Датчиком служит стандартный медный термометр сопротивления (ТСМ) с характеристикой 23 [1] и сопротивлением 53 Ом при 0 °С. Линейность шкалы прибора зависит только от датчика и сохраняется во всём интервале измеряемой температуры.

Схема термометра показана на **рис. 3**. Подаваемые на входы микросхемы DD5 напряжения формируются на конденсаторах С11—С14, поочерёдно подключаемых к выходу ОУ DA1 селектором-мультиплексором DD4 (К561КП2), способным коммутировать и аналоговые сигналы. Синхронно с DD4 селектор-мультиплексор DD1 (К561КП1) подключает к входу ОУ напряжение с резисторов измерительной цепи.

Селекторами-мультиплексорами управляет счётчик DD3.1, на вход которого поданы импульсы частотой 50 кГц от генератора на триггере Шмитта DD2.1. Частоту устанавливают подборкой резистора R8. Резистор R1 задаёт ток, протекающий через датчик RK1, а на резисторах R2—R7 формируются напряжения $U_{см}$ и $U_{обр}$.

ОУ DA1 (КР140УД1408А) служит повторителем напряжения, имеющим вы-

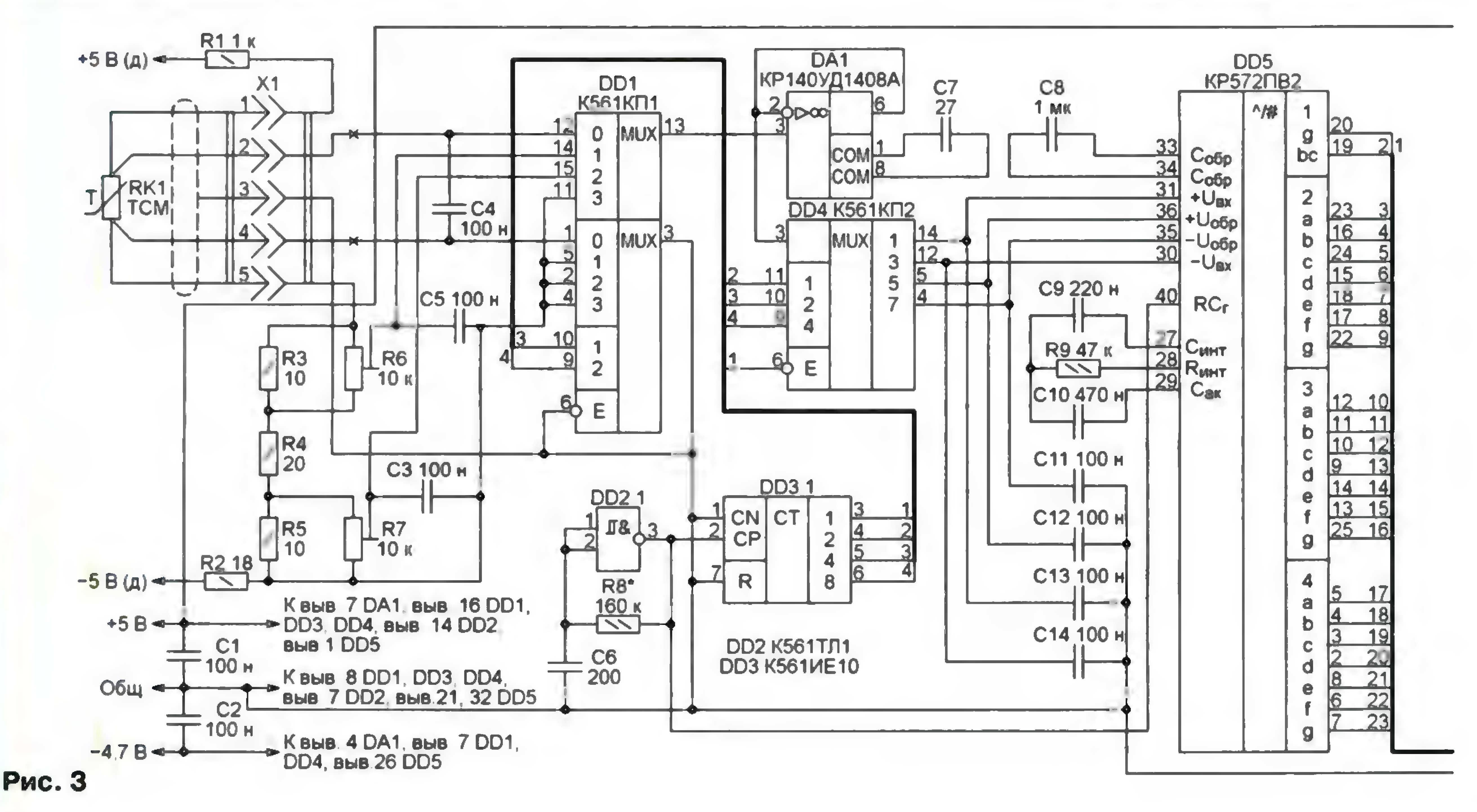


Рис. 3

сокое входное, низкое выходное сопротивление и коэффициент передачи, равный единице. Однако он смещает уровни сигналов, проходящих через повторитель, на величину дрейфа нуля ОУ $U_{дн}$. Чтобы выделить дрейф нуля, селектор-мультиплексор DD1 при коде 11 на адресных входах соединяет вход повторителя с общим проводом. Затем селектор-мультиплексор DD4 подключает к выходу повторителя конденсатор C11, который заряжается до напряжения $U_{дн}$. Это напряжение поступает на вход $-U_{обр}$ микросхемы DD5. Можно показать, что этим влияние дрейфа нуля ОУ на результат измерения температуры полностью устраняется.

Элементы DD2.2—DD2.4, резисторы R11—R13, диод VD2, транзисторы VT2—VT4 служат для гашения незначащего нуля на индикаторе HG1.2 (разряд десятков градусов). Диод VD1 блокирует гашение нуля при температуре выше 99,9 °C, когда на индикаторе HG1.1 выводится единица. Транзисторы VT1, VT2 и VT4 умощняют выходы микросхемы DD5, обеспечивая их уровни, приемлемые для микросхемы DD2.

Если измерять температуру выше 99,9 °C не предполагается, резистор R10, диоды VD1, VD2 и транзистор VT1 можно удалить, а оставшиеся свободными выводы элемента DD2.4 и резистора R13 соединить между собой.

В блоке питания (**рис. 4**) отрицательное напряжение −4,7 В формируется способом, описанным в [2], что позволяет использовать трансформатор T1 с меньшим числом вторичных обмоток.

Резисторы, применяемые в термометре, могут быть любыми. Для ответственных измерений рекомендуется применять резисторы R2—R5 с низким температурным коэффициентом сопротивления — С2-29В, С2-36, С2-14. Подстроечные резисторы R6 и R7 лучше использовать непроволочные многооборотные, например, СП3-24, СП3-36, СП3-37, СП3-39, СП3-40, РП1-48, РП1-53, РП1-62а. Их номиналы могут отличаться от указанных на схеме и достигать нескольких десятков килоом.

Конденсаторы C9—C14 — К72-9, К71-4, К71-5, К73-16, К73-17. Оксидные конденсаторы могут быть любыми. Остальные конденсаторы — любые малогабаритные керамические. Конденсаторы C1 и C2 располагают как можно ближе к выводам питания ОУ DA1, а конденсаторы C23—C25 — вблизи микросхем DD1—DD5.

Интегральный стабилизатор DA3 устанавливают на алюминиевую пластину площадью не менее 16 см². Трансформатор T1 — ТП132-19 или другой габаритной мощностью не менее 3 В·А с двумя вторичными обмотками напряжением 9 В.

Рис. 4

HG1, HG2 DA56-11SRWA

Для налаживания термометра требуется магазин сопротивлений, который подключают вместо датчика RK1. Перед началом налаживания все переключатели магазина проверните несколько раз от упора до упора, чтобы удалить окисную плёнку, образовавшуюся на их контактных поверхностях. Движки подстроечных резисторов R6 и R7 установите примерно в среднее положение, а переключатели магазина сопротивлений — в положение 53 Ом. Сделав это, подстроечным резистором R6 установите на индикаторе термометра 0,0 °C.

Далее переключатели переведите либо в положение 77,61 Ом, что соответствует температуре 99,0 °C, либо в положение 93,64 Ом (температура 180,0 °C). Подстроечным резистором R7 установите на индикаторе заданную температуру. Для контроля переключатели переведите в положение 41,71 Ом. Индикатор должен показать −50,0 °C. Описание подобной операции имеется в [3].

При отсутствии магазина сопротивлений регулировку можно выполнить общеизвестным способом. Датчик и образцовый термометр скрепите между собой и поместите в сосуд с тающим льдом, где количество нерастаявшего льда должно преобладать над количеством талой воды. Термометр и датчик не должны касаться льда и стенок сосуда. После погружения выждите некоторое время для установления показаний термометра. Когда они стабилизируются, подстроечным резистором R6 установите на индикаторе 0,0 °C.

Затем датчик и образцовый термометр поместите в тщательно перемешанную подогретую воду. Чем выше её температура, тем точнее будет регулировка. После стабилизации показаний подстроечным резистором R7 доведите их до показаний образцового термометра. Рекомендуется повторить регулировку несколько раз.

При самостоятельном изготовлении датчика отмерьте для него отрезок медного провода любого диаметра такой длины, чтобы его сопротивление

Таблица 1

T, °C	$R_д$, Ом	T, °C	$R_д$, Ом
0	53,00	20	57,52
15	56,39	21	57,74
16	56,61	22	57,97
17	56,84	23	58,19
18	57,06	24	58,42
19	57,29	25	58,65

при фактической температуре окружающей среды соответствовало указанному в **табл. 1**. Расчётная длина провода при температуре 20 °C в зависимости от его диаметра приведена в **табл. 2**. Удельное сопротивление меди при этой температуре принято равным 0,0175 Ом·мм²/м.

Самый простой вариант — отмерить провод с запасом, а затем укорачивать его, добиваясь нужного сопротивления.

тел. 608-28-38
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Но особенно точно подгонять сопротивление датчика под указанные в табл. 1 значения не стоит. Ведь в процессе налаживания всё равно придётся пользоваться подстроечными резисторами R6 и R7.

Провод датчика намотайте на катушку бифилярным способом, предварительно сложив его вдвое. Такой датчик не обладает индуктивностью, а все

Таблица 2

Номинальный диаметр по меди, мм	Длина, м
0,05	6,45
0,06	9,29
0,07	12,65
0,08	16,52
0,09	20,91
0,1	25,85

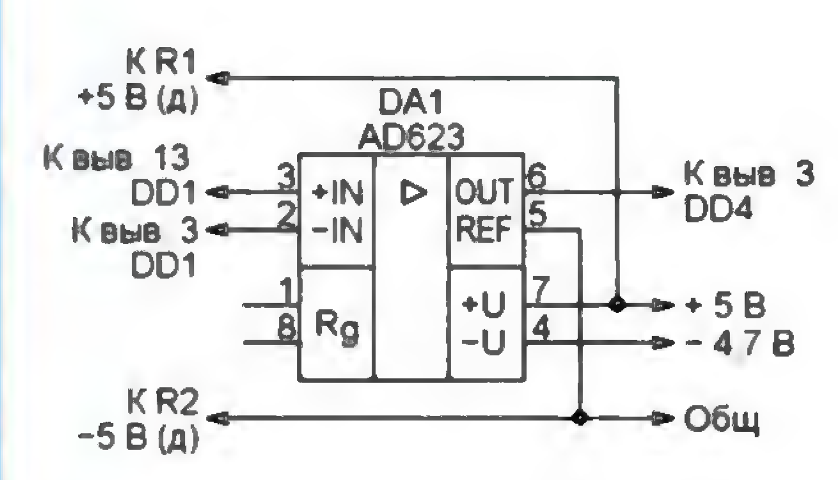


Рис. 5

электромагнитные наводки на каждую половину его провода взаимно нейтрализуются. При налаживании прибора с самостоятельно изготовленным датчиком с помощью магазина сопротивлений необходимо учитывать отклонения

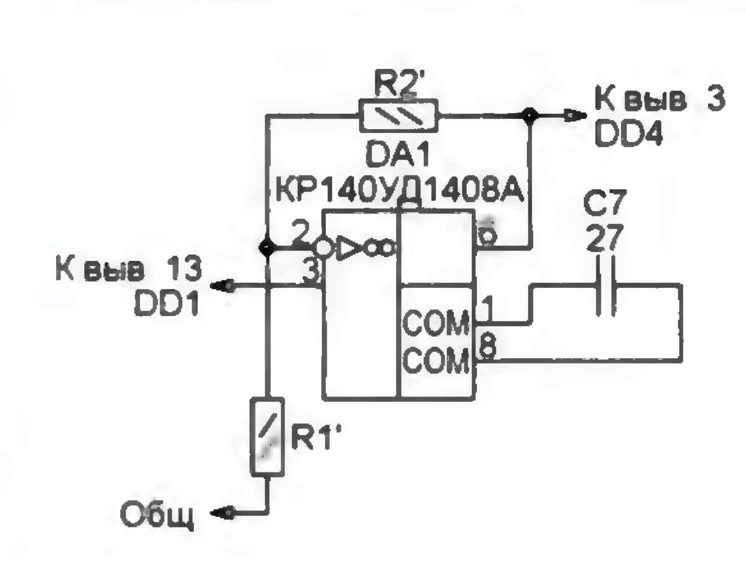


Рис. 7

фактического сопротивления датчика от стандартного [1].

Источник напряжения 5 В (д), питающий цепь датчика, должен быть гальванически изолирован от других цепей. Отказаться от такого источника позволит применение инструментального усилителя AD623. Такой усилитель желателен ещё и потому, что он обладает большим коэффициентом ослабления синфазных помех, неизбежно возникающих на соединительных проводах датчика. Схема включения усилителя в термометр изображена на **рис. 5**. Можно применить инструментальный усилитель и другого типа, например, AD8221, LT1168, MAX4194.

На **рис. 6** представлена схема инструментального усилителя, в которой могут быть применены любые ОУ. Рекомендуемые номиналы всех резисторов — 51 кОм, однако они могут быть и другими. Необходимо лишь выполнить с возможно большей точностью (с погрешностью в доли процента) условия R1=R2 и R3=R4=R5=R6.

От сопротивления внешнего резистора R_g зависит коэффициент усиления инструментального усилителя:

$$K = 1 + \frac{R1 + R2}{R_g}.$$

В его отсутствие он равен единице, а резисторы R1 и R2 можно заменить перемычками.

Ток, проходящий через датчик, нагревает его, что приводит к ошибке измерения температуры. Резистор R1 (см. рис. 3) рассчитан так, что в цепи

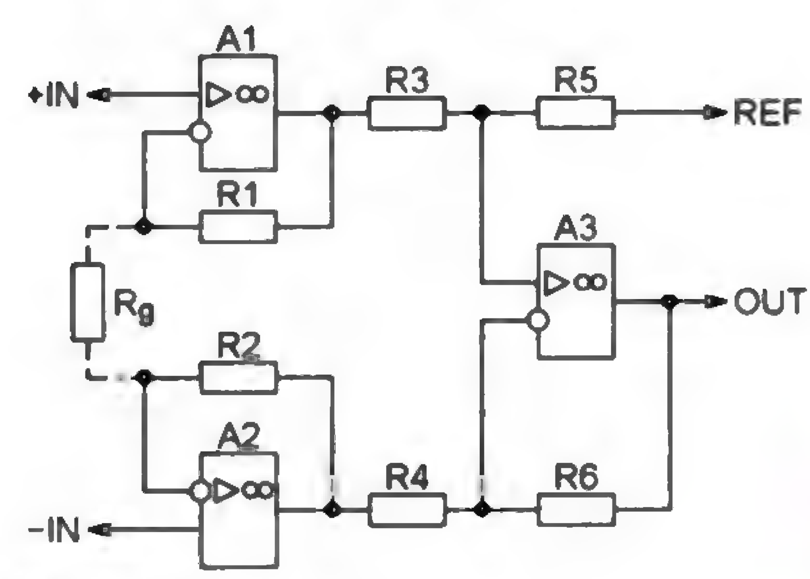


Рис. 6

датчика протекает ток около 4,43 мА, при котором изменение температуры на один градус вызывает изменение напряжения $U_д$ на 1 мВ. Уменьшить ток можно увеличением сопротивления R1. Однако во сколько раз был уменьшен ток, во столько же раз необходимо увеличить коэффициент усиления ступени на ОУ DA1, для чего надо изменить схему термометра, как показано на **рис. 7**. В данном случае коэффициент усиления равен

$$K = 1 + \frac{R2'}{R1'}.$$

Рис. 8

Но уменьшением тока не следует увлекаться, поскольку при усилении полезного сигнала будут усиливаться и помехи. Температурный дрейф коэффициента усиления на результатах измерения не скажется, так как все участвующие в измерении сигналы проходят поочерёдно через один и тот же усилитель и изменяются пропорционально. Их отношения остаются неизменными.

Применение фильтра, схема которого изображена на **рис. 8**, позволит значительно ослабить синфазные помехи, а также защитить входы микросхемы DD1 от перенапряжений, которые могут в каких-либо аварийных ситуациях образоваться на проводах, соединяющих датчик с термометром. Двухобмоточный дроссель L1 можно найти в цепях сетевого питания многих электронных приборов, например, компьютерных мониторов. Фильтр включают в разрывы цепей, соединяющих контакты 2 и 4 разъёма X1 с выводами микросхемы DD1. Места разрывов показаны на рис. 3 крестами.

Если предполагается использовать несколько датчиков, то коммутировать следует все пять проводов, соединяющих датчик с термометром, включая общий провод. Переключатель может быть любым.

ЛИТЕРАТУРА

1. Градуировки термометров сопротивления. — URL: **http://www.axwap.com/kipia/docs/datchiki-temperatury/termometry-soprotivleniya.htm** (24.09.15).

2. Два напряжения от одной обмотки трансформатора (За рубежом). — Радио, 1981, № 5—6, с. 72.

3. **Хоменков Н., Зверев А.** Цифровой термометр. — Радио, 1985, № 1, с. 47, 48.

Ретрочасы

А. КАРПАЧЕВ, г. Железногорск Курской обл.

Автор статьи, решив "вспомнить молодость", изготовил оригинальные настольные электронные часы из газоразрядных индикаторов и других деталей, выпускавшихся в последней четверти прошлого века.

Вероятно, любой радиолюбитель (особенно старшего поколения) согласится с тем, что электронные часы для него не просто самоделка, а полезное для всей семьи изделие. В начале своей радиолюбительской деятельности каждый радиолюбитель (и я, естественно, тоже) собрал по несколько часов. Но это было давно, когда электронные часы, причем даже в самом простом и примитивном корпусе, а то и вовсе без него, были чем-то удивительным...

Когда в середине 90-х годов промышленность выпустила набор "Старт", в котором было всё необходимое для часов, включая печатную плату, бум по их изготовлению побил все рекорды. У нас в общежитии института радиоэлектроники часы без корпусов, собранные из него, висели на всех стенах.

Но те времена безвозвратно прошли. Сегодня торговля предлагает такой широкий выбор разнообразнейших часов, что вроде ничего оригинального уже и не придумаешь. Про самодельный корпус, сравнимый с промышленным, я вообще промолчу. Изготовить его под силу далеко не каждому. Именно поэтому я больше не планировал браться ни за какие часы.

Однако около года назад я увидел в Интернете фотоснимок часов с газоразрядными индикаторами ИН-16 (**рис. 1**). Несмотря на то что такие индикаторы уже давно морально устарели, часы выглядели интересно, необычно и очень ностальгически. Взяться за изготовление подобных часов меня побудили три обстоятельства. Во-первых, интересный внешний вид. Во-вторых, корпус изготовить очень просто. А в-третьих, газоразрядные индикаторы у меня с давних пор были и предназначались именно для часов. Но тогда делать на них часы я не стал, потому что появился набор "Старт" с его большим и изумительным индикатором ИВЛ1-7/5, по сравнению с которым газоразрядные индикаторы выглядели неказистыми.

Но вот колесо истории совершило очередной поворот, часы на газоразрядных индикаторах стали считаться "ретро" и вошли в моду. Теперь магический оранжевый цвет и простая форма цифр газоразрядных индикаторов смотрятся оригинально, а в темноте даже завораживающе.

Естественно, возник вопрос — собирать часы на микроконтроллере или обычных часовых микросхемах? Конечно, часы на микроконтроллере обладают более широкими возможностями. Они могут показывать и год, и месяц, и день недели, могут иметь несколько будильников, управлять электроприборами и ещё много чего. Но поскольку я задумал "ретрочасы", то решил, что будет правильно, чтобы они были "ретро" и внутри.

Несмотря на кажущуюся сложность, разработанные часы просты в изготовлении и налаживании, потому что собраны на специализированных "часовых" микросхемах. Эти микросхемы у многих лежат на полке — выбросить жалко, а применить некуда. Если же их нет в старых запасах, то они всё ещё имеются в продаже и стоят недорого. Высоковольтные транзисторы и диоды можно выпаять из неисправных энергосберегающих ламп. Поэтому стоимость комплекта деталей для таких часов минимальна. Повторить их могут практически все желающие.

Рис. 1

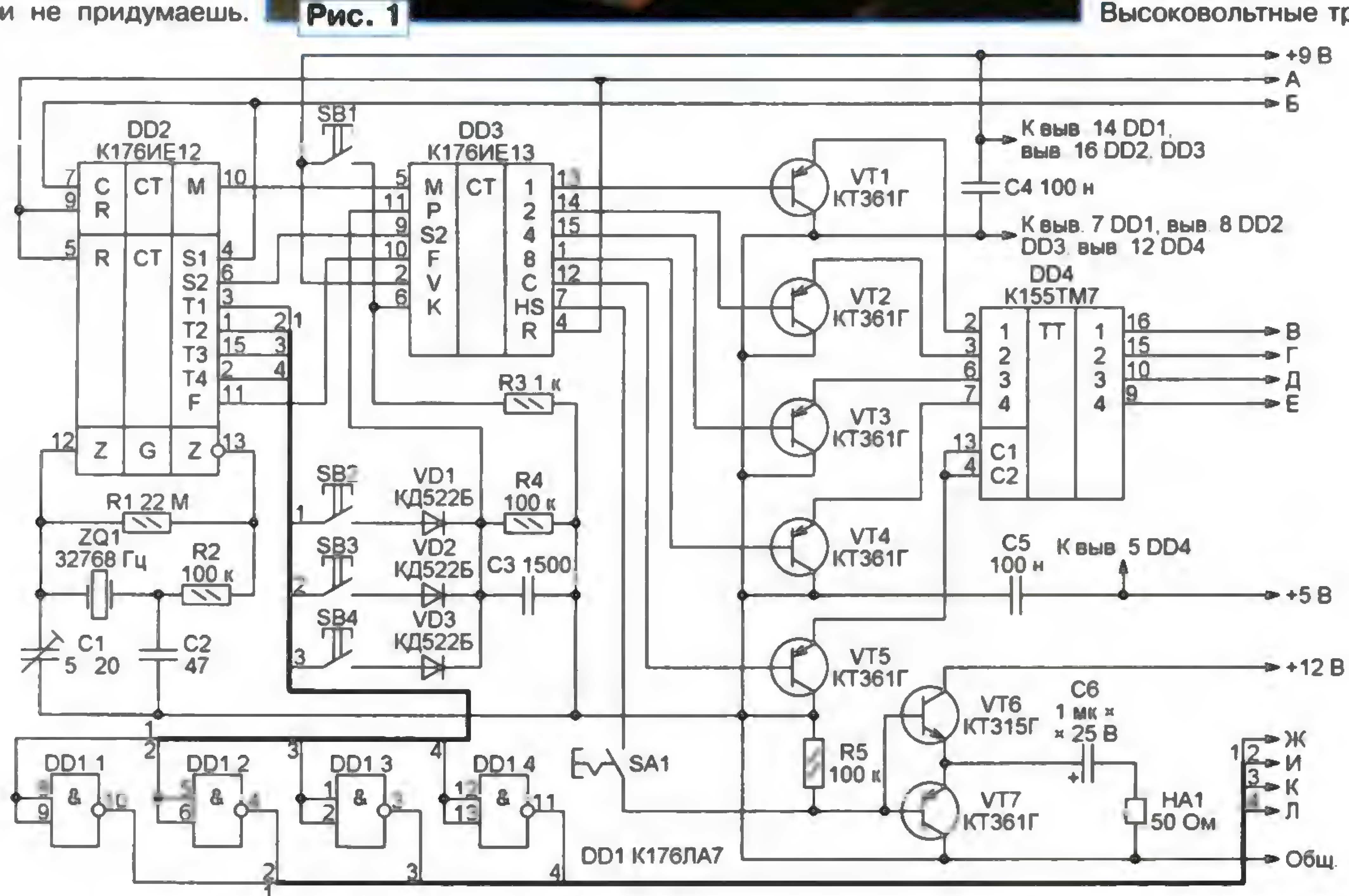


Рис. 2

Схемы часов на "часовых" микросхемах хорошо известны радиолюбителям. Но в известных конструкциях не предусмотрена индикация секунд, а часы и минуты отображаются на светодиодных или вакуумных люминесцентных индикаторах. Поэтому пришлось согласовать "часовые" микросхемы с газоразрядными индикаторами и добавить блок индикации секунд.

В результате получилось устройство, состоящее из четырёх плат: счёта времени (схема на **рис. 2**), индикации часов и минут (схема на **рис. 3**), высоковольтных ключей и питания (схема на **рис. 4**), счёта и индикации секунд (схема на **рис. 5**). Одноимённые входные и выходные цепи этих плат следует соединить между собой.

Микросхемы К176ИЕ12 (DD2) и К176ИЕ13 (DD3) разработаны именно для совместной работы в часах. Не стану подробно описывать назначение всех выводов этих микросхем — эту информацию можно найти в десятках, если не сотнях источников. Остановлюсь только на некоторых, необходимых для понимания схемы часов и их налаживания начинающими радиолюбителями.

Микросхема DD2 вырабатывает секундные и минутные импульсы. Они поступают на микросхему DD3, которая содержит счётчики минут, часов и регистр памяти будильника с устройством включения звуковой сигнализации в заданное время.

К выводам 12 и 13 микросхемы DD2 подключён кварцевый резонатор ZQ1 на частоту 32768 Гц с элементами, необходимыми для работы с ним внутреннего генератора микросхемы. Такой резонатор так и называют — "часовой". Конденсатор C1 необходим для точной подстройки частоты генератора, от которой зависит точность хода часов. На выводе 14 микросхемы DD2 эту частоту можно проконтролировать частотомером.

Входы начальной установки счётчиков микросхемы DD2 (выводы 5 и 9) соединены с соответствующим выходом (выводом 4) микросхемы DD3. При нажатии на кнопку коррекции времени SB1 сигнал с микросхемы DD3 обнулит эти счётчики. Он же через преобразователь уровня на транзисторе VT20 поступает на входы начальной установки счётчиков единиц секунд DD6 и десятков секунд DD8 (рис. 5).

Индикация часов и минут в рассматриваемом устройстве — динамическая. Это означает, что каждый индикатор включён только в том интервале времени, когда на выводах 13, 14, 15, 1 микросхемы DD3 установлен код цифры, которая должна отображаться именно на этом индикаторе. Сигналы с выводов 3, 1, 15, 2 микросхемы DD2, управляющие поочерёдным включением индикаторов HG1—HG4, поступают на высоковольтные ключи, собранные на транзисторах VT9—VT12, VT14, VT15, VT17, VT18 (см. рис. 4). Эти ключи подают высокое напряжение положительной полярности на аноды индикаторов. Но поскольку они инвертируют управляющие сигналы, их перед подачей на ключи необходимо инвертировать ещё раз. Для этого предназначены инверторы DD1.1—DD1.4 (см. рис. 2).

На выводе 4 микросхема DD2 генерирует секундные импульсы, идущие на её же вход C (вывод 7). Эти же импульсы через преобразователь уровня на транзисторе VT19 (рис. 5) поступают на вход счетчика единиц секунд на микросхеме DD6. Сигнал с выхода 8 (вывода 11) этого счётчика поступает на вход счётчика десятков секунд на микросхеме DD8. Сигналы с выходов разрядов обоих счётчиков поданы на высоковольтные дешифраторы DD7, DD9 и далее на индикаторы HG5, HG6. Таким образом, индикация единиц и десятков секунд не динамическая, а статическая.

Секундные импульсы поданы и на вход высоковольтного ключа на транзисторе VT8, который управляет неоновой лампой HL1. В окончательной версии

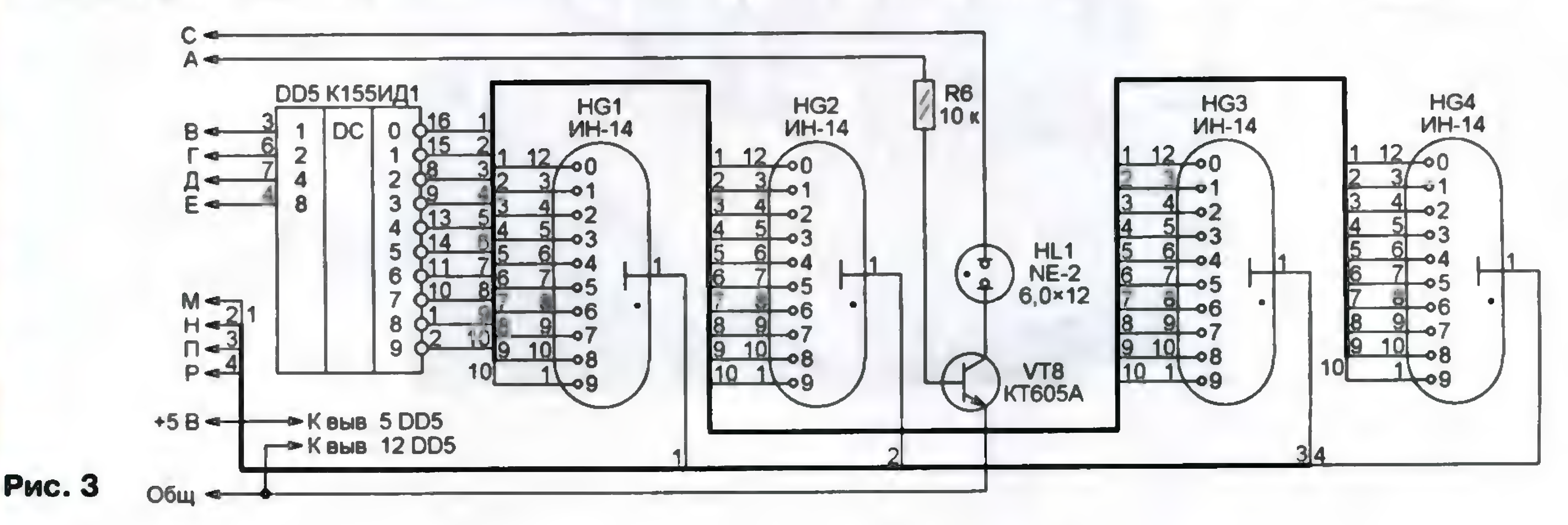


Рис. 3

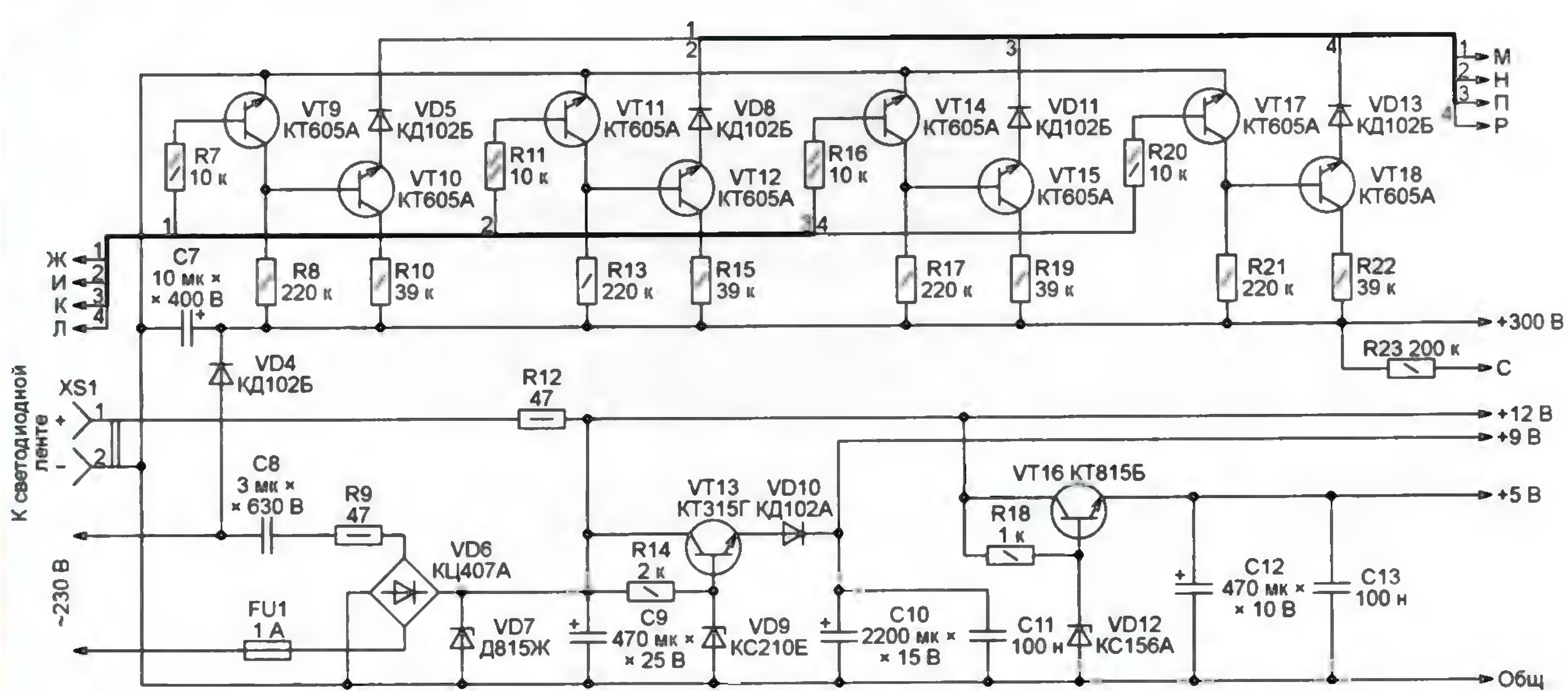


Рис. 4

часов от мигающей каждую секунду точки я отказался, но не стал удалять соответствующий узел из схемы. Возможно, что кто-нибудь захочет, чтобы в его часах такая точка была.

У использованного мной варианта добавления к часам счётчика и индикатора секунд есть одна особенность. Поскольку счётчики К155ИЕ2 и К155ИЕ4 изменяют своё состояние по спадам входных импульсов, переключение секунд происходит на полсекунды позже, чем переключение минут счётчиком микросхемы DD3. Впрочем, это заметно лишь при смене 59-й секунды нулевой. Я не счёл это недостатком. Пусть думают, что так и должно быть, часы ведь не обычные, а "ретро".

Вывод 6 микросхемы DD3 — вход сигнала коррекции показаний часов. Выход звукового сигнала будильника — вывод 7. С него сигнал поступает на усилитель мощности на транзисторах VT6 и VT7 и далее на излучатель звука HA1.

Как уже упоминалось, с выводов 13, 14, 15, 1 микросхемы DD3 код цифры поступает через преобразователи уровней (транзисторы VT1—VT4) на

Кнопка SB1 позволяет откорректировать показания часов, для чего её следует нажать за несколько секунд до фактического окончания текущего часа. При этом счёт времени прекратится. Внутренние счётчики минут и секунд микросхем DD2 и DD3, а также счётчики DD6 и DD8 будут обнулены. Если число минут в момент остановки было менее 40, значение в счётчике часов микросхемы DD3 не изменится, в противном случае оно увеличится на единицу. По сигналу точного времени кнопку SB1 следует отпустить, после чего счёт времени будет продолжен.

К сожалению, при нажатой кнопке SB1 остаётся включённой цифра на каком-либо индикаторе. Чтобы не усложнять часы, я не стал делать узел гашения всех индикаторов, посчитав, что это нельзя считать недостатком ретрочасов. Впрочем, в них можно добавить такой узел, собрав его по схеме, приведённой на рис. 24 в [1].

Как уже было отмечено, в предлагаемых часах индикация часов и минут — динамическая, а секунд — статическая. Чтобы яркость индикаторов HG5 и HG6 не отличалась от яркости индикаторов

ние блока питания, соблюдая полярность, подают на конденсатор C9. Если применён блок питания на 9 В, из схемы исключают, кроме перечисленных в предыдущем абзаце элементов, также транзистор VT13, резистор R14 и стабилитрон VD9, а анод диода VD10 соединяют с плюсовым выводом конденсатора C9.

Большая ёмкость конденсатора C10 позволяет часам идти ещё некоторое время после отключения напряжения в сети. Диод VD10 отсекает от конденсатора C10 другие цепи, позволяя ему расходовать запасённую энергию только на питание микросхем DD1—DD3. При указанной на схеме ёмкости 2200 мкФ часы продолжают работать более 10 мин. Этого вполне достаточно, чтобы не только предотвратить сбои показаний, но и, например, перенести часы из одной комнаты в другую. В статье [3] имеются экспериментальные данные о зависимости продолжительности хода часов от ёмкости этого конденсатора.

Если всё-таки необходимо резервное питание, изучите статью [3] — её автор предлагает несколько вариантов. А если не нравится звучание имеющегося

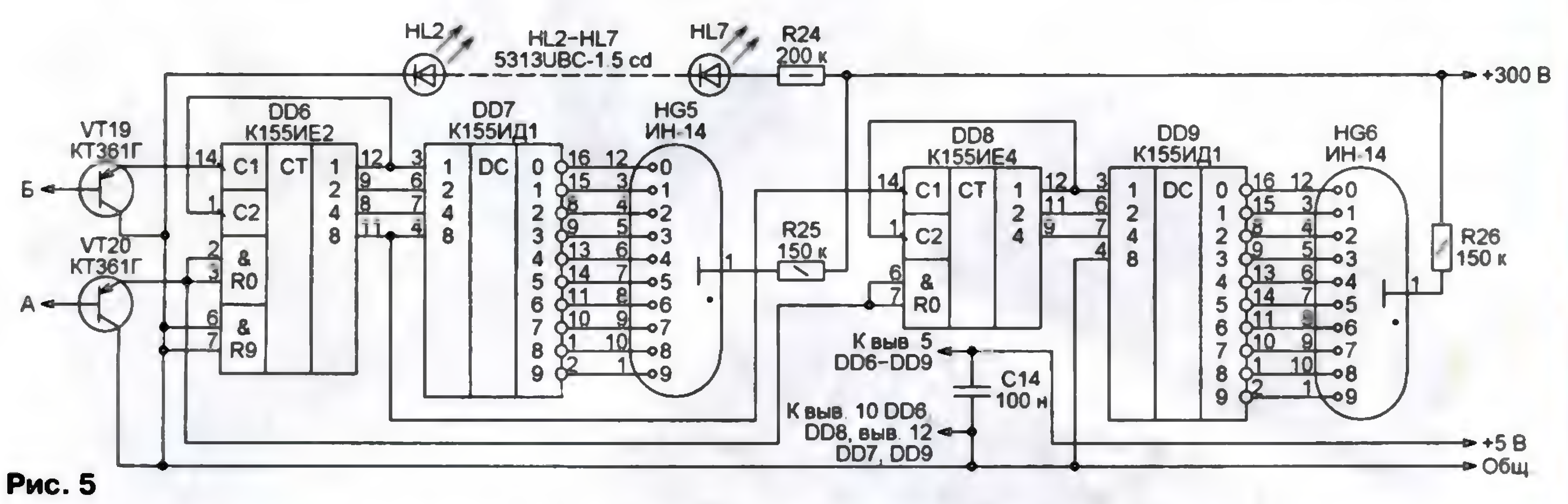


Рис. 5

информационные входы запоминающего регистра — счетверённого D-триггера DD4. Запись в этот регистр происходит по сигналу с вывода 12 микросхемы DD3, прошедшему через преобразователь уровня на транзисторе VT5.

С выходов регистра коды цифр часов и минут поступают на общий дешифратор DD5 (см. рис. 3), выходы которого соединены с объединёнными одноимёнными катодами индикаторов HG1—HG4. Выводы неиспользуемых катодов индикаторов ни в коем случае не следует оставлять неподключёнными, иначе возможно паразитное свечение соответствующих им цифр.

Для управления работой часов предназначены кнопки SB1—SB4 и кнопочный выключатель SA1 (им включают и выключают звуковой сигнал будильника). Кнопки SB2 и SB3 служат для установки соответственно минут и часов, а кнопка SB4 — для установки времени срабатывания будильника. При нажатой кнопке SB4 индикаторы показывают это время. Чтобы изменить его, необходимо нажимать на кнопки SB2 и SB3, не отпуская кнопку SB4.

HG1—HG4, номиналы резисторов R25 и R26 в цепях анодов индикаторов HG5 и HG6 увеличены до 150 кОм.

Вследствие недостатка места в корпусе часов я выполнил их блок питания по бестрансформаторной схеме. Поэтому все детали часов находятся под напряжением сети. При их налаживании следует соблюдать особую осторожность [2].

Если при повторении конструкции в корпусе найдётся место для понижающего трансформатора, рекомендую применить трансформаторный блок питания. Вторичная обмотка трансформатора должна быть рассчитана на напряжение около 12 В при токе нагрузки 150...200 мА. При этом из схемы исключают конденсатор C8, резистор R9 и стабилитрон VD7.

Ещё один вариант — использовать выносной стабилизированный импульсный блок питания на 9 или 12 В. Такие блоки обычно по конструкции подобны зарядным устройствам для сотовых телефонов, их применяют повсеместно. При использовании блока питания на 12 В из схемы исключают конденсатор C8, резистор R9, диодный мост VD6 и стабилитрон VD7. Выходное напряже-

гося в часах будильника, можно собрать другой по схемам из [3] и [4]. В [5] есть даже вариант будильника на микросхеме музыкального синтезатора УМС [6].

На **рис. 6** показаны печатные платы, на которых собраны часы. Их чертежи я не привожу, потому что и схема часов, и печатные платы неоднократно изменялись и дорабатывались. Например, когда я решил добавить в часы индикатор секунд, то не стал разрабатывать новую плату, а просто прикрепил дополнительную к имеющейся плате индикаторов часов и минут. Были изменения и в других платах. Поскольку часы делались в одном экземпляре, перерабатывать печатные платы с учётом изменений я не стал.

Вместо микросхемы К176ИЕ12 можно использовать К176ИЕ18, но схема её включения отличается.

Вместо микросхемы К176ЛА7 в описанных часах допустимо применить К176ЛЕ5, причём никаких изменений схемы не потребуется. Только не забудьте, что такая замена станет невозможной, если будет решено делать узел гашения индикаторов по схеме из статьи [1].

Вместо счетверённого D-триггера К155ТМ7 можно использовать К155ТМ5. Применение микросхемы К155ТМ7 объясняется лишь тем, что она была у меня в наличии. Её я и установил в часы, оставив инверсные выходы триггеров свободными.

Многие детали можно взять из электронных балластов неисправных энергосберегающих ламп. Из него взят, например, малогабаритный оксидный конденсатор С7. Его ёмкость может лежать в пределах 2,2...10 мкФ. Применяемые в балластах транзисторы МЕ13003, MJE13005, MJE13007, MJE13009 можно использовать взамен КТ605А. Из отечественных транзисторов для их замены подойдут КТ604А. Можно также применить две транзисторные сборки К166НТ1А, что несколько усложнит разработку печатной платы, но зато уменьшит её габариты. Наконец, из неисправных балластов можно взять диоды 1N4007, которые заменят все диоды в часах (кроме стабилитронов). Из них же можно собрать и диодный мост вместо КЦ407А.

Из отечественных диодов в качестве замены диодов КД102Б подойдут другие маломощные кремниевые диоды с допустимым обратным напряжением 300 В и более, например, КД104А, КД105Б—КД105Д. Диоды КД102А в рассматриваемом случае могут быть заменены любыми маломощными кремниевыми диодами. Если позволяют размеры платы, вместо диодного моста КЦ407А можно применять КЦ402 или КЦ405 с любыми буквенными индексами.

Транзисторы КТ315Г и КТ361Г могут быть заменены транзисторами тех же серий с любыми буквенными индексами или другими кремниевыми маломощными транзисторами соответствующей структуры с допустимым напряжением коллектор—эмиттер не менее 15 В.

Вместо транзистора КТ815Г пригодны транзисторы серий КТ815, КТ817, КТ819 с любыми индексами. Однако транзисторы серии КТ819 из соображения габаритов лучше применять в пластмассовом корпусе (без индекса М).

Поскольку на вход стабилизатора напряжения 5 В поступает напряжение 12 В, транзистор VT16 выделяет значительное количество тепла. Поэтому он должен иметь теплоотвод, который может быть любой конструкции. Например, алюминиевой пластиной толщиной несколько миллиметров и площадью не менее 15...20 см^2. Кнопки SB1—SB4 — любые, умещающиеся в корпус часов. Вместо кнопочного выключателя SA1 можно с тем же условием применить любой движковый или рычажный выключатель. Звуковой излучатель НА1 — телефонный капсюль сопротивлением не менее 50 Ом. Если позволяет место в корпусе, можно использовать малогабаритную динамическую головку, подключив её через выходной трансформатор от любого транзисторного приёмника. При этом громкость сигнала будильника существенно возрастёт.

Гасящий конденсатор С8 составлен из трёх конденсаторов К73-17 ёмкостью 1 мкФ на постоянное напряжение 630 В, соединённых параллельно. Их можно расположить в любом свободном месте корпуса. Имейте в виду, что не все конденсаторы пригодны для работы в качестве гасящих. Например, нельзя применять конденсаторы БМ, МБМ, МБГП, МБГЦ-1, МБГЦ-2 [7]. Если позволяют размеры корпуса, можно использовать конденсаторы МБГЧ или К42-19 на напряжение не менее 250 В или МБГО на напряжение не менее 400 В.

К изготовлению корпуса часов следует подойти со всей тщательностью, поскольку от него зависит впечатление, которое будут производить часы на друзей и знакомых. Далее я указываю размеры своих часов. Естественно, их можно менять.

Возьмите ровную, хорошо отполированную деревянную планку шириной 50 мм и толщиной 5 мм. Отпилите от неё две детали длиной по 200 мм и две детали длиной по 70 мм. Рекомендую использовать ножовку по металлу с более мелкими, чем у ножовки по дереву, зубьями. Постарайтесь пилить строго под прямым углом. Затем, применяя любой клей для дерева (например, ПВА), склейте каркас. Его внешние размеры — 200×80 мм.

Для изготовления светящегося дна необходима пластина органического стекла толщиной не менее 5 мм. Разметьте прямоугольник размером, как у получившегося каркаса, и также ножовкой по металлу, стараясь пилить строго под прямым углом и не останавливаясь, выпилите его. Отполируйте торцы пластины и приклейте получившееся дно к каркасу клеем "Момент".

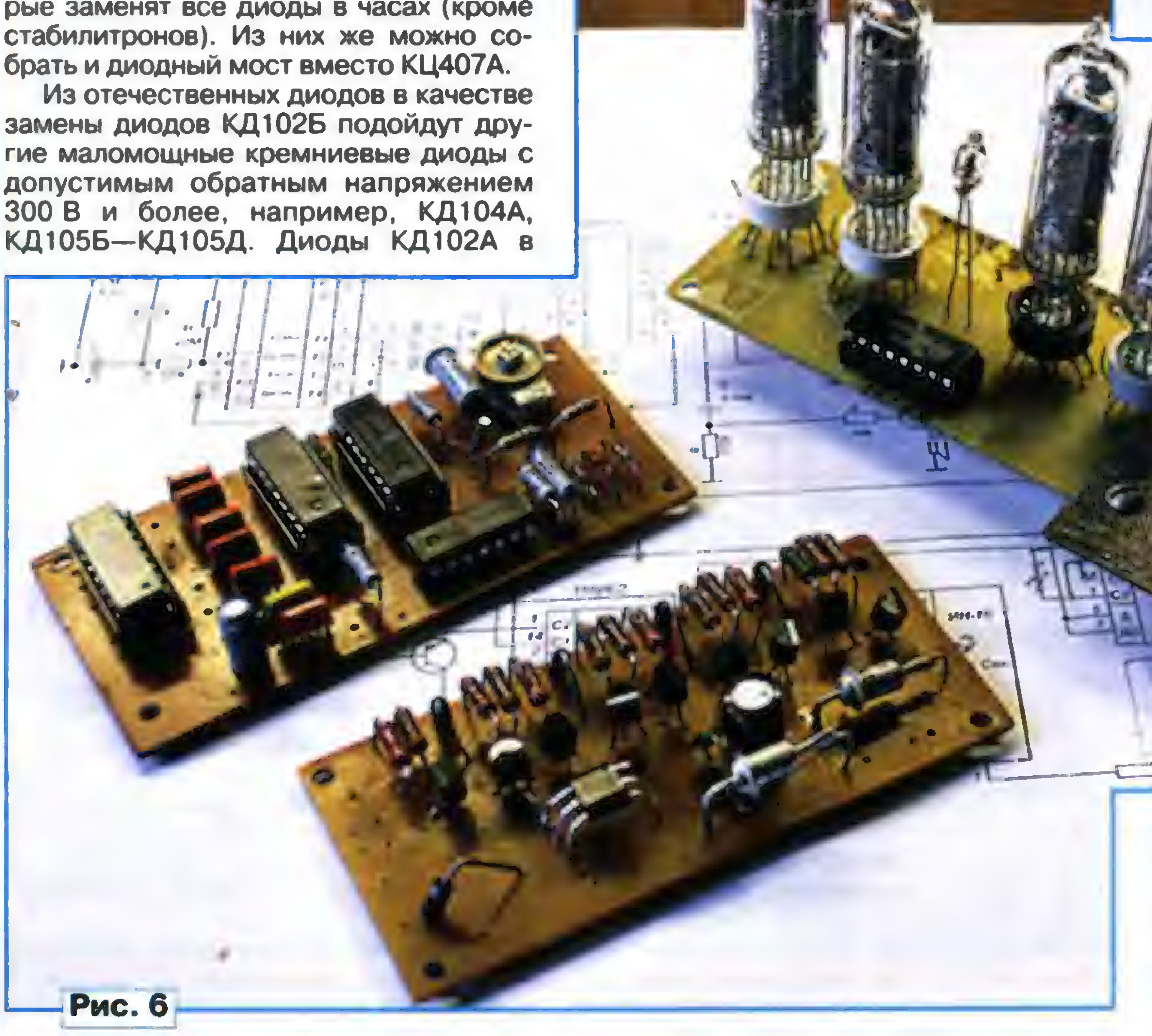


Рис. 6

На задней стенке корпуса установите кнопки SB1—SB4 и выключатель SA1, просверлите в ней отверстия для держателя плавкой вставки FU1 и сетевого шнура. Не забудьте и про вентиляционные отверстия.

Самая ответственная часть работы — изготовление верхней крышки часов из тонированного стекла. Самостоятельно вырезать такую крышку, да ещё с отверстиями под индикаторы, сможет далеко не каждый, поэтому я рекомендую обратиться в ближайшую стекольную мастерскую. Они есть в любом, даже самом маленьком городе. Там вырезают стёкла для окон, зеркала, делают аквариумы. Просто принесите туда точные размеры крышки и точно укажите центры и диаметры отверстий под индикаторы.

Вполне удовлетворительный результат получится, если сделать крышку из органического стекла, но внешний вид

тел. 608-28-38 Приём статей: mail@radio.ru Вопросы: consult@radio.ru РАДИО № 1, 2016

часов будет несколько иным. Зато такую крышку можно изготовить и самому.

Особо стоит остановиться на деталях, которые придадут изготовленным часам ещё больший шарм. Это синие светодиоды подсветки индикаторов снизу и светодиодная лента жёлтого свечения, подсвечивающая заднюю кромку дна корпуса часов. Типов светодиодов и лент великое множество и можно применять практически любые. Если у кого-нибудь возникнет сомнение, что светодиоды должны быть именно синими, а лента именно жёлтой, не стану спорить. На вкус и цвет товарищей нет. Можно экспериментировать с любыми цветами или даже

Светодиодная лента состоит из параллельно соединённых секций длиной по 50 мм, в каждой из которых имеются соединённые последовательно два-три светодиода и резистор. Для использования в часах пригодна лента с напряжением питания 12 В. Отделите от неё отрезок длиной 200 мм (четыре секции) и приклейте его прозрачным клеем к задней кромке дна корпуса часов. Желаемую яркость свечения установите подборкой резистора R12. При этом следует помнить, что чем больше яркость свечения ленты, тем больший ток она потребляет и тем большей должна быть ёмкость гасящего конденсатора



Рис. 7

применить RGB-светодиоды и RGB-ленту с контроллерами, управляемыми дистанционно. Такие контроллеры можно приобрести в магазинах, торгующих электротоварами.

Светодиоды HL2—HL7 устанавливают под каждый из шести индикаторов. Они создают красивый синий светящийся ореол вокруг цифр и в верхней части индикаторов — этот эффект хорошо виден на фотоснимке внешнего вида часов (**рис. 7**). Светодиоды соединяют последовательно и подключают через гасящий резистор R24 к цепи +300 В. Подборкой этого резистора добиваются желаемой яркости свечения светодиодов. Применённые мной светодиоды имеют достаточную яркость уже при токе 2...3 мА, поэтому мощность, рассеиваемая резистором, не превышает 0,5 Вт.

Конечно, безопаснее было бы питать светодиоды подсветки не высоким напряжением, а с выхода низковольтного выпрямителя — от конденсатора C9, соответственно уменьшив сопротивление резистора R24. Объясню, почему было решено питать их от высоковольтного, а не от низковольтного выпрямителя. Напряжение +300 В на плате индикаторов секунд уже имеется, а для питания светодиодов HL2—HL7 низким напряжением пришлось бы добавить ещё один провод.

C8. При ёмкости этого конденсатора 3 мкФ ток, потребляемый лентой, не должен превышать 60 мА, иначе напряжение на конденсаторе C9 опустится ниже 12 В, в результате чего транзистор VT13 выйдет из рабочего режима. При указанных на схеме номиналах лента в моих часах именно столько и потребляет и светит достаточно ярко, хотя напряжение на ней всего 9 В.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Алексеев С.** Применение микросхем серии К176. — Радио, 1984, № 4, с. 25—28; № 5, с. 36—40; № 6, с. 32—35.

2. Осторожно! Электрический ток! — Радио, 2015, № 5, с. 54.

3. **Никишин Д.** Часы на светодиодных индикаторах КЛЦ202А. — Радио, 1998, № 8, с. 46—48.

4. **Алексеев С.** Электронные часы автолюбителя. — Радио, 1996, № 11, с. 46—48.

5. **Турчинский Д.** Вместо обычного будильника — музыкальный. — Радио, 1998, № 2, с. 48, 49.

6. **Дриневский В., Сироткина Г.** Музыкальные синтезаторы серии УМС. — Радио, 1998, № 10, с. 85, 86

7. **Бирюков С.** Расчёт сетевого источника питания с гасящим конденсатором. — Радио, 1997, № 5, с. 48—50.

Ремонт и модернизация бытового холодильника

А. БУТОВ, с. Курба Ярославской обл.

В статье автор делится опытом ремонта отечественного холодильника популярной марки Indesit. Благодаря замене вышедшего из строя электромеханического реле специализированным контроллером управления холодильным оборудованием удалось не только полностью восстановить работоспособность холодильника, но и значительно улучшить его основные технические характеристики.

После семи лет эксплуатации двухкамерный холодильник Indesit SB167, сделанный в Липецке, перестал работать. Как и ожидалось, из-за разгерметизации термодатчика вышло из строя электромеханическое термореле (**рис. 1**), которое управляет работой компрессора. Это распространённая неисправность отечественных холодильников. Свой первый холодильник с такой неисправностью автор самостоятельно отремонтировал, ещё будучи семиклассником. Вопреки ожиданиям, на этот раз повреждённой оказалась не подвижная гофрированная "гармошка" термодатчика, а его измерительная трубка: изготовитель при обжиме и заварке её кончика повредил защитное покрытие, предположительно из оловянного сплава, медная часть трубки начала разъедаться коррозией, пока не потеряла герметичность.


Рис. 1

Изначально, ещё с момента покупки холодильника, было замечено, что термореле в нём работает неудовлетворительно — большая часть измерительной трубки находилась под верхней железной крышкой холодильника, а её небольшая часть уходила в закрытую камеру испарителя, поэтому термодатчик гораздо больше реагировал на температуру в комнате, а не в холодильной камере. Кроме того, гистерезис включения/выключения компрессора был излишне большим. По этим причинам было принято решение не заменять повреждённое термореле таким же или аналогичным, а применить вместо него современный электронный аналог, обладающий значительно большей точностью и имеющий массу дополнительных функций.

Выбор пал на электронный контроллер работы холодильного оборудования модели PJEZC00000K (**рис. 2**). Он выполняет функцию управления термостатом, а также позволяет контролировать работу вентиляторов и оттаивающих узлов холодильника. Схема подключения к холодильному оборудованию изображена на приклеенной к его корпусу этикетке (**рис. 3**). Компрессор (он здесь обозначен пиктограммой в виде круга с двумя непараллельными прямыми внутри) подключают к выводу 5, вентилятор — к выводу 1, нагреватель — к выводу 3. Назначение остальных выводов следующее: 4 — силовой вход сети 230 В, 6 и 7 — вход питания понижающего трансформатора, 8 — вход термодатчика термостата, 9 — "общий" провод контроллера, 10 — вход термодатчика нагревателя. Существует большой ассортимент родственных моделей таких контроллеров, отличающихся схемами подключения и функциональными возможностями (уточняйте их по прилагаемой к контроллеру документации).


Рис. 2

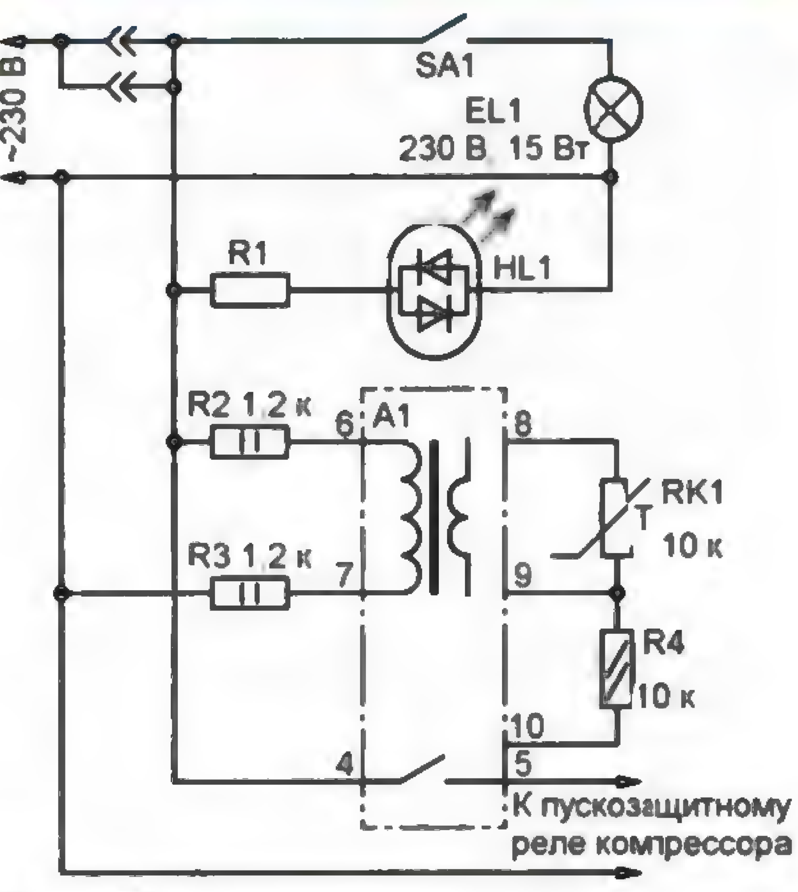


Рис. 4

На **рис. 4** показана упрощённая схема холодильника с установленным в него электронным контроллером (он обозначен как модуль A1) вместо термореле. Нумерация элементов условная. Поскольку в модернизируемом холодильнике отсутствовало оборудование для принудительной вентиляции и оттаивания, выводы реле для управления вентилятором и нагревателем не задействованы, а вместо термодатчика нагревателя установлен постоянный резистор R4 сопротивлением 10 кОм (при отсутствии этого резистора контроллер сигнализирует об ошибке). Самым уязвимым местом в применённом контроллере является встроенный в него понижающий трансформатор питания, на сетевую обмотку которого напряжение подаётся без каких-либо элементов защиты. Чтобы снизить вероятность повреждения этого узла, напряжение сети подаётся на него через токоограничивающие резисторы R2 и R3. Сопротивление первичной обмотки трансформатора — 3,2 кОм, потребляемый от сети ток в дежурном режиме — около 7,6 мА при напряжении сети 250 В и около 9 мА во включённом состоянии, суммарное падение напряжения на этих резисторах — около 20 В.

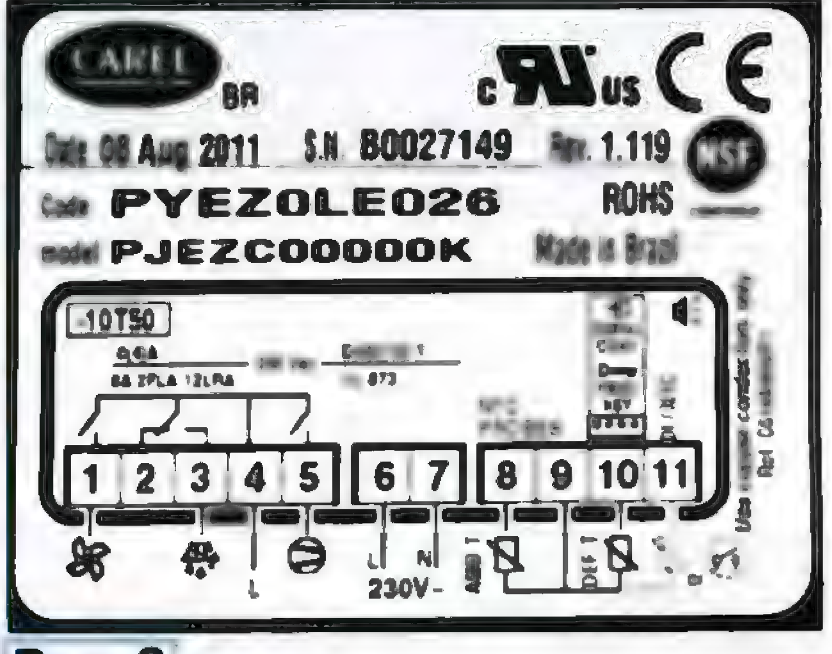


Рис. 3

Поскольку свободного места по глубине для размещения контроллера (размеры его корпуса — 81×36×65+13 мм) в нише пластмассовой декоративной лицевой панели холодильника было недостаточно, контактные клеммы для винтовых соединений были удалены, провода для подключения устройства были припаяны к соответствующим контактам печатных дорожек (**рис. 5**; чёрные провода — сеть 230 В, тонкие жёлтые — термодатчик, оранжевые — реле включения компрессора). Для надёжной фиксации положения эти провода были дополнительно приклеены к печатной плате клеем. На фото вверху справа также виден дополнительно установленный резистор R4.

В качестве датчика измеряемой температуры изготовитель контроллеров рекомендует применять терморезисторы NTC сопротивлением 10 кОм при 25 °С. На месте RK1 автор установил первый попавшийся под руку миниатюрный терморезистор с отрицательным ТКС сопротивлением при 23 °С около 10 кОм (**рис. 6**). К его выводам припаяны тонкие многожильные монтажные провода в изоляции длиной 200 мм, места пайки изолированы с помощью термоусаживаемых трубок, на корпус терморезистора также надета термоусаживаемая трубка. Герметизировать термодатчик не нужно. Этот термодат-

чик был установлен внутри холодильной камеры в малодоступном месте, которое не подвержено инееобразованию и где не будет талой воды. В модернизируемом холодильнике этим местом оказалась дальняя нижняя часть пластмассового плафона для установки лампы подсветки холодильной камеры. Термодатчик приклеен скотчем на его наружной стороне, место крепления предварительно обезжирено спиртом. К контроллеру термодатчик подключён тонким жёстким проводом с двойной изоляцией длиной около 1,5 м (применяется для монтажа охранных систем, пожарных и других сигнализаций). Этот провод проходит в холодильную камеру через имеющийся канал для провода лампы подсветки. Изготовитель холодильника небрежно отнёсся к герметизации этого отверстия, что было устранено с помощью поролона. Также лист поролона толщиной 5 мм был подложен под верхнюю металлическую крышку холодильника. Эти несложные меры позволили понизить минимально достижимую температуру внутри холодильной камеры на 3...4 °C при непрерывной продолжительной работе компрессора. Размещение термодатчика внутри холодильной камеры позволит термодатчику и контроллеру измерять именно температуру внутри холодильника, а не нечто абстрактное, большей частью комнатную температуру, что делало ранее электромеханическое термореле.

Изготовитель гарантирует для установленных в контроллере электромагнитных реле не менее 100000 срабатываний. Имеющиеся в устройстве два неиспользуемых реле при необходимости можно использовать для управления компрессором вместо реле с изношенными контактами.

Для установки контроллера в центральной части декоративной панели холодильника (**рис. 7**) прорезано прямоугольное отверстие. После проверки работоспособности холодильника установленный контроллер дополнительно зафиксирован небольшим количеством термоклея. Шов стыковки его дисплея и декоративной панели герметизирован во избежание затекания моющего средства. Мешающие части несущей пластмассовой крепёжной панели срезаны электроножом (в центральной части эта панель не имеет функциональной нагрузки). Для дополнительных соединений, по которым протекает ток сети 230 В, использован многожильный монтажный провод сечением по меди 0,5 мм^2 в двойной ПВХ или резиновой изоляции (такие провода применялись в импортных кинескопных телевизорах высокой ценовой категории и другом оборудовании, работающем с высоким напряжением). К сожалению, изготовитель холодильника применил для монтажа провода в тонкой одинарной изоляции... Для повышения электробезопасности на эти провода рекомендуется надеть дополнительные ПВХ-трубки. Небрежность изготовителя заметна и при сборке холодильника, например, отсутствовали некоторые крепёжные винты.

Резисторы R2, R3 (см. рис. 4) — импортные невозгораемые или разрывные, на них плотно надеты изоляционные трубки длиной 60 мм из плотной стеклоткани. Резисторы надёжно закреплены в том месте крепёжной панели, где раньше располагалось электромеханическое термореле. Тип установленных производителем холодильника светодиода HL1 и сопротивление резистора R1 неизвестны. Поскольку о включении холодильника в сеть после переделки информирует светящийся дисплей контроллера, указанные светодиод и токоограничивающий резистор можно исключить.

Рис. 5



Рис. 6



Рис. 7

Не включайте холодильник в "лежачем" положении. После проверки работоспособности его узлов установленный контроллер нуждается в программировании и может потребовать калибровки термодатчика. При нормальных условиях работы на дисплей выводятся показания температурного датчика RK1. О включённом питании компрессора сигнализирует соответствующая светящаяся пиктограмма на светодиодном дисплее. Если на нём светится код ошибки "E0", то это означает, что вышел из строя или не подключён термодатчик RK1, а если "E", — не подключён резистор R4. Мерцающий код "L0" или "H1" предупреждает соответственно об аварийно низкой или аварийно высокой температуре в камере.

Для доступа ко всем параметрам контроллера надо удерживать нажатой кнопку "Set" более 5 с. Повторное нажатие этой кнопки — вход/запоминание. Кнопки "Up", "Down" — выбор параметра, выбор значения. Для выхода без сохранения достаточно не нажимать ни на какие кнопки в течение 60 с. Для сброса всех установленных пользователем параметров на значения по умолчанию необходимо одновременно нажать на кнопки "Down" и "Set".

Контроллер PJEZC00000K имеет множество программируемых параметров, но для его использования в модернизируемом бытовом холодильнике важны лишь некоторые из них:

* PS — пароль, который необходимо ввести для доступа ко всем возможным настройкам (по умолчанию — 22);

* C — калибровка показаний температурного датчика по контрольному термометру. Автору не потребовалось настраивать этот параметр, поскольку значения температуры на дисплее контроллера и показания контрольных термометров внутри камеры холодильника совпали сразу.

Параметры регулирования начинаются с префикса "r":

* rd — дифференциал регулирования (гистерезис). По умолчанию равен 2, т. е. если температура выключения компрессора установлена равной +4 °C, то включаться он будет при +6 °C;

* r1 — нижний предел задаваемой температуры. Позволяет установить минимально допустимую задаваемую температуру, что исключит установку некорректного значения;

* r2 — верхний предел задаваемой температуры. Позволяет установить максимально допустимую задаваемую температуру, что исключит установку некорректного значения.

Параметры управления компрессором начинаются с префикса "C":

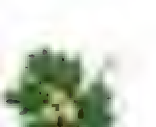
* C0 — пуск компрессора с задержкой (в минутах) после перезапуска микроконтроллера (по умолчанию — 0, для бытового холодильника с пускозащитным реле на терморезисторе задержку можно установить равной 5...10 мин, для старых холодильников с электромагнитным пускозащитным реле можно оставить значение по умолчанию);

* C1 — минимальное время между двумя пусками в минутах (по умолчанию — 0, желательно установить 5...10 мин);

* C3 — минимальное время включения компрессора в минутах (по умолчанию — 0, желательно установить 3...6 мин);

* CC — продолжительность непрерывного цикла в часах (по умолчанию — 4 ч, можно оставить это значение).

Параметры оттаивания (начинаются с префикса "P") и управления вентиляторами (начинаются с префикса "F") в модернизированном холодильнике не используются.



тел. 608-28-38
Прием статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Параметры аварийных сигналов начинаются с префикса "А":

* АН — срабатывание звукового сигнала по высокой температуре в градусах (при "АН", равном 0, срабатывание выключено). Актуально при возникновении неисправности из-за разгерметизации системы охлаждения, неисправности компрессора или пускозащитного реле;

* Ad — задержка срабатывания сигнала по температуре.

При первом включении нового контроллера для его активации необходимо установить температуру выключения работы компрессора. Для этого, удерживая кнопку "Set", дождаться показаний установленной температуры, после чего кнопками "Up" и "Down" выбрать желаемое значение и повторно нажать на "Set" для запоминания и выхода. При первом включении контроллера, ранее бывшего в употреблении, необходимо перезагрузить микропроцессор, после чего установить заданную температуру выключения компрессора.

Функционально контроллеру PJEZC00000K почти идентичен PJ32C0000, а также ряд других моделей, но там используются другая схема подключения и упрощённый дисплей, на котором отсутствуют пиктограммы индикации текущего режима работы.

Полный список всех настраиваемых параметров можно найти в распространяемых в Интернете инструкциях в pdf-файлах прилагаемой к контроллеру документации. Приобрести готовый контроллер для управления холодильным оборудованием можно в магазинах, торгующих промышленным, торговым оборудованием или в интернет-магазинах. Такие контроллеры удобно применять не только в бытовых холодильниках, но и, например, для управления инкубаторами, системами подогрева, отопления, водонагревателями. При замене терморезисторов фоторезисторами, фотодиодами, фототранзисторами эти контроллеры могут управлять освещением. Можно подключать и другие датчики, например, влажности, тогда устройство будет способно управлять автоматическим поливом или, например, вентиляцией подвальных помещений, погреба.

Восстановление работоспособности светодиодных автоламп

С. ЧЕРНОВ, г. Самара

В статье описан внешний драйвер для двух светодиодных автомобильных ламп, у которых вышли из строя внутренние драйверы.



Рис. 1

Имеющиеся в продаже автомобильные светодиодные лампы (**рис. 1**) обладают существенным недостатком — ими нельзя пользоваться во время запуска двигателя. Это объясняется отсутствием внутри лампы фильтров помех по питанию, которые рекомендует устанавливать производи-

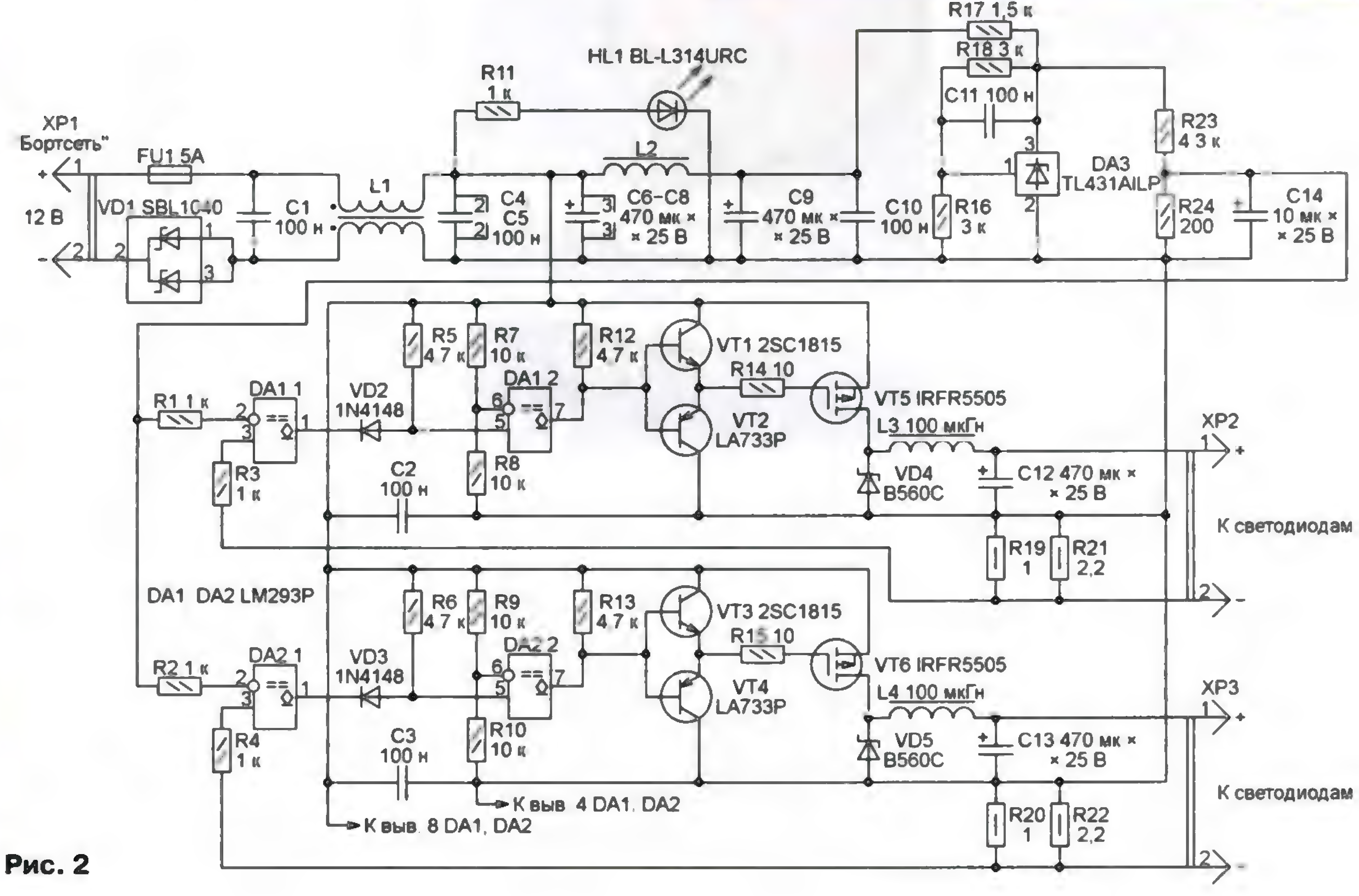


Рис. 2

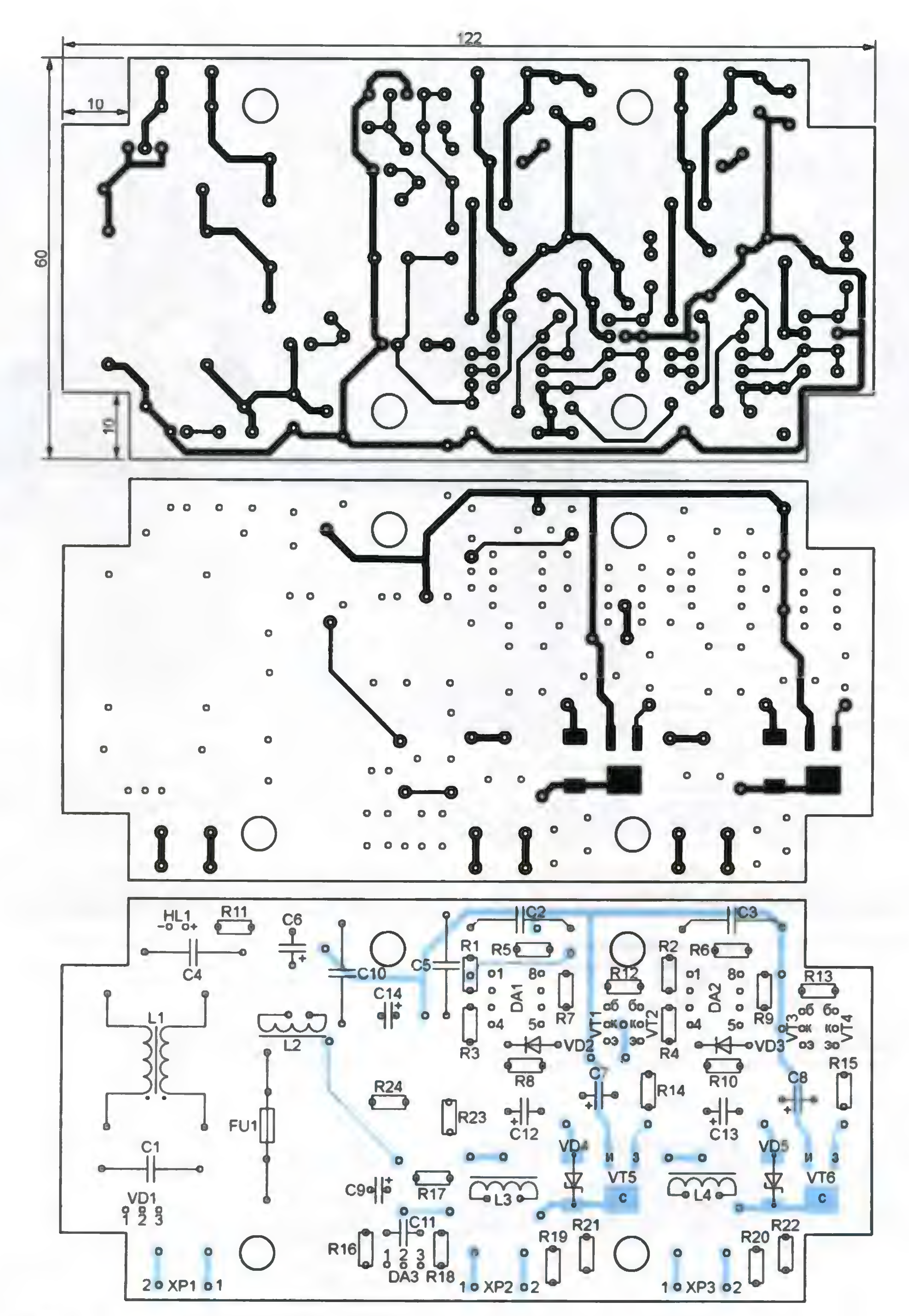


Рис. 3

тель находящейся в лампе микросхемы PT4115. Возникающие во время пуска двигателя броски напряжения амплитудой до 30 В и выводят такие микросхемы из строя.

Чтобы восстановить работоспособность отказавших ламп, пришлось удалить из них платы неисправных драйверов и заменить их платами-"пустышками". Для этого лампы были разобраны со стороны цоколя и из них удалён герметик. После этого лампы были собраны и загерметизированы клеем "Момент". Конечно, такие лампы уже нельзя подключать к бортсети автомобиля непосредственно. Поэтому для них был изготовлен по схеме, изображённой на **рис. 2**, внешний драйвер. Благодаря входному фильтру из дросселей L1 и L2 и конденсаторов C1—C10 он устойчив к возникающим при запуске и работе двигателя помехам. Сдвоенный диод Шотки VD1 защищает драйвер от подачи на него напряжения неправильной полярности.

Драйвер предназначен для питания двух не содержащих собственных драйверов светодиодных ламп. В нём имеются два одинаковых импульсных понижающих преобразователя напряжения в стабилизированный выходной ток. В преобразователях нет микроконтроллеров и специализированных микросхем.



На интегральном параллельном стабилизаторе DA3 собран источник образцового напряжения 0,22 В для обоих преобразователей. Именно с этим напряжением преобразователи сравнивают падение напряжения, вызванное током светодиодов, протекающим через резисторы обратной связи R19, R21 и R20, R22. Указанные на схеме номиналы этих резисторов соответствуют выходному току каждого преобразователя 320 мА.

Чертёж печатной платы драйвера и расположения деталей на ней показаны на **рис. 3**. Плата изготовлена из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм. Полевые транзисторы IRFR5505 и диоды Шотки B560C теплоотводов в данном случае не требуют. Двухобмоточный дроссель L1 извлечён из неисправного монитора, но подойдёт и любой аналогичный. Дроссель L2 намотан проводом ПЭВ-2 0,1 на ферритовом гантелевидном магнитопроводе диаметром 5...6 мм и длиной 10 мм до заполнения. Его индуктивность — около 15 мГн. Дроссели L3 и L4 намотаны на магнитопроводах такой же формы диаметром 9 мм и длиной 12 мм проводом ПЭВ-2 0,5 до заполнения. Индуктивность их может находиться в пределах от 80 до 150 мкГн.

Плата помещена в готовый корпус G1022BF размерами 156×68×44 мм. На **рис. 4** показан внешний вид платы в корпусе с открытой крышкой. Драйвер устанавливают в удобном месте под капотом автомобиля.

Налаживание устройства заключается только в установке требуемого тока светодиодов подборкой резисторов R19—R22.

***От редакции.** Файл печатной платы в формате Sprint Layout 6.0 имеется по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2016/01/Leddrv.zip** на нашем FTP-сервере.*

Приём статей: mail@radio.ru тел. 607-88-18
Вопросы: consult@radio.ru



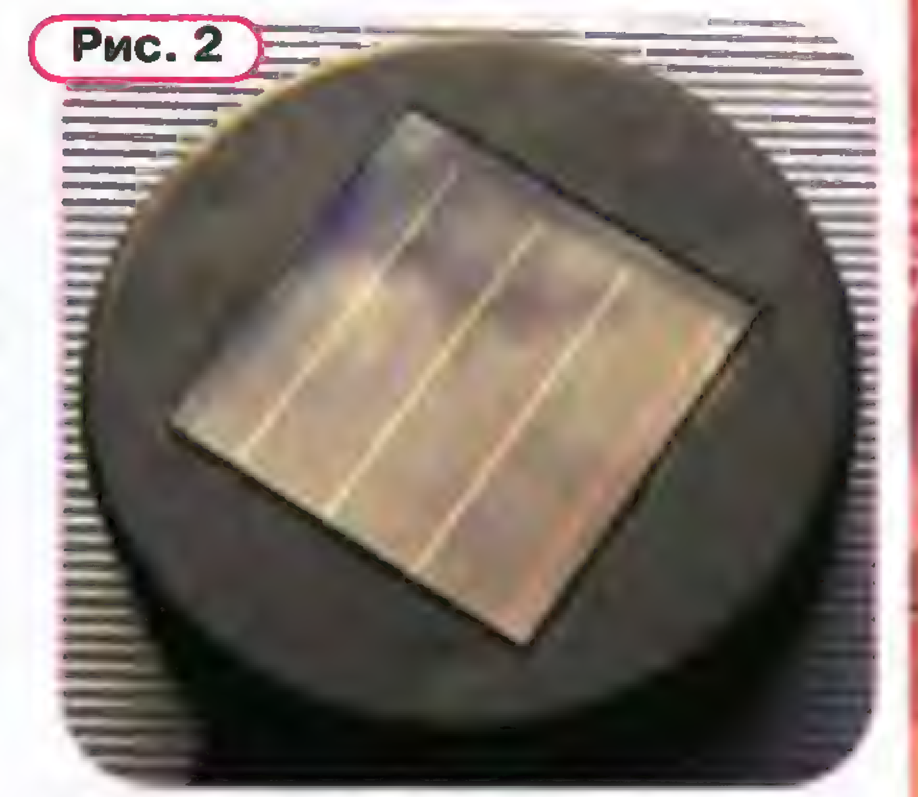
Индикатор освещённости на солнечной батарее

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

Понадобится всего несколько деталей и немного времени, чтобы собрать индикатор освещённости. Он пригодится для сравнения яркости осветительных ламп, освещённости рабочих мест, а если его шкалу прокалибровать в единицах освещённости по эталонному прибору, то можно использовать и как измеритель. Следует напомнить, что единицей измерения освещённости в Международной системе единиц служит люкс (лк), 1 лк = 1 лм/м^2. Освещение — одно из естественных условий жизни, которое необходимо для здоровья и высокой производительности труда. Недостаточная, как и избыточная, освещённость негативно влияет на работоспособность человека. Недостаток снижает внимание, появляется сонливость, избыток возбуждает, повышает утомляемость. В **таблице** приведены средние уровни освещенности в разных ситуациях.

	Освещённость, лк
Максимальная солнечная освещённость при чистом небе	100 000
В полдень летом в средних широтах	17 000
В облачную погоду летом в полдень	12 000
Зимой в средних широтах	5 000
На открытом месте в пасмурный день	1000...2000
Восход и заход солнца в ясную погоду	1000
В светлой комнате вблизи окна	100
На рабочем столе для тонких работ	500...2000
Нормальное для чтения	30...50
Минимально необходимое для чтения	1...3
Ночью в полнолуние	0,1...1
В безлунную ночь	0,001...0,002

Схема индикатора показана на **рис. 1**. Его основа — аккумуляторный светодиодный газонный светильник. От него использованы корпус и солнечная батарея. Применение солнечной батареи в качестве датчика освещенности позволили сделать прибор без источника питания, и поэтому он всегда готов к работе. В устройстве использовано свойство солнечной батареи, заключающееся в том, что ток короткого замыкания (КЗ) напрямую зависит от её освещённости. Чтобы создать режим, близкий к режиму КЗ, к солнечной батарее надо подключить такую нагрузку, чтобы выходной ток определялся её внутренним сопротивлением. Поскольку максимальное напряжение (ЭДС) применённой солнечной батареи 2,4...2,5 В, подключив нагрузку, при которой выходное напряжение не превышало бы 0,2...0,3 В, можно получить режим, близкий к КЗ. Это можно реализовать с помощью микроамперметра и шунтирующих резисторов для получения нескольких поддиапазонов.


Рис. 2

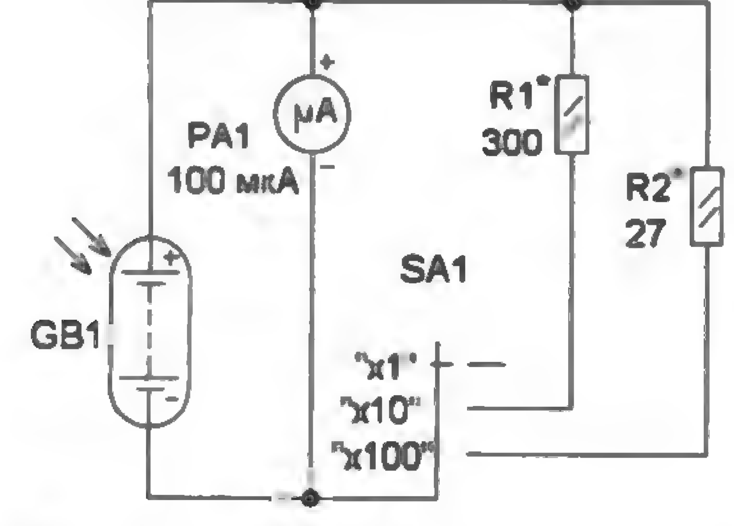


Рис. 1



Рис. 3

Рис. 4

В индикаторе применён малогабаритный микроамперметр с током полного отклонения 100 мкА и сопротивлением катушки 2,6 кОм. Поэтому напряжение на нём при отклонении стрелки на полную шкалу — 0,26 В. Резисторы R1 и R2, которые подключают параллельно микроамперметру с помощью переключателя SA1, расширяют пределы измерения тока до 1 и 10 мА. Применены постоянные резисторы МЛТ, С2-23 и аналогичные, переключатель — любой малогабаритный, например движковый, Микроамперметр можно применить любой с током полного отклонения не более 150...200 мкА, от его конструкции зависят размеры индикаторной части.

Устройство состоит из двух частей, датчика и индикатора, соединённых двухпроводным кабелем длиной 1...1,5 м. Был применён светильник с цилиндрическим корпусом диаметром 45 мм, размеры солнечной батареи — 25×25 мм. Вся "электроника", кроме солнечной батареи, удалена, а высота корпуса уменьшена до 10 мм (**рис. 2**). Микроамперметр, переключатель и резисторы размещены в рассеивателе (**рис. 3**). Для этого в его боковой стенке сделано прямоугольное отверстие для движка переключателя, к выводам которого припаяны резисторы. Для придания "товарного" вида рассеиватель покрашен чёрной краской. Внешний вид устройства показан на **рис. 4**.

Налаживание сводится к подборке резисторов R1 и R2. Для этого микроамперметр через резистор сопротивлением 1 кОм и образцовый амперметр (мультиметр в режиме измерения тока) подключают к лабораторному блоку питания с выходным напряжением 0...15 В. Плавно увеличивая выходное напряжение блока питания от 0 до 1 В, определяют ток полного отклонения стрелочного прибора. Подключают резистор R1 и увеличивают выходное напряжение блока, устанавливая ток в десять раз больше, а подборкой этого резистора устанавливают стрелку на максимальную отметку шкалы. Выполняют аналогичную операцию, подключив резистор R2 (подбирают его) и установив ток ещё в десять раз больше. Процедуру налаживания можно упростить, заменив постоянные резисторы подстроечными, например СПЗ-19 (R1 = 330 Ом. R2 = 47 Ом).

Датчик освещённости надо располагать перпендикулярно падающему свету. Когда лучи света падают наклонно, освещённость уменьшается пропорционально косинусу угла падения.

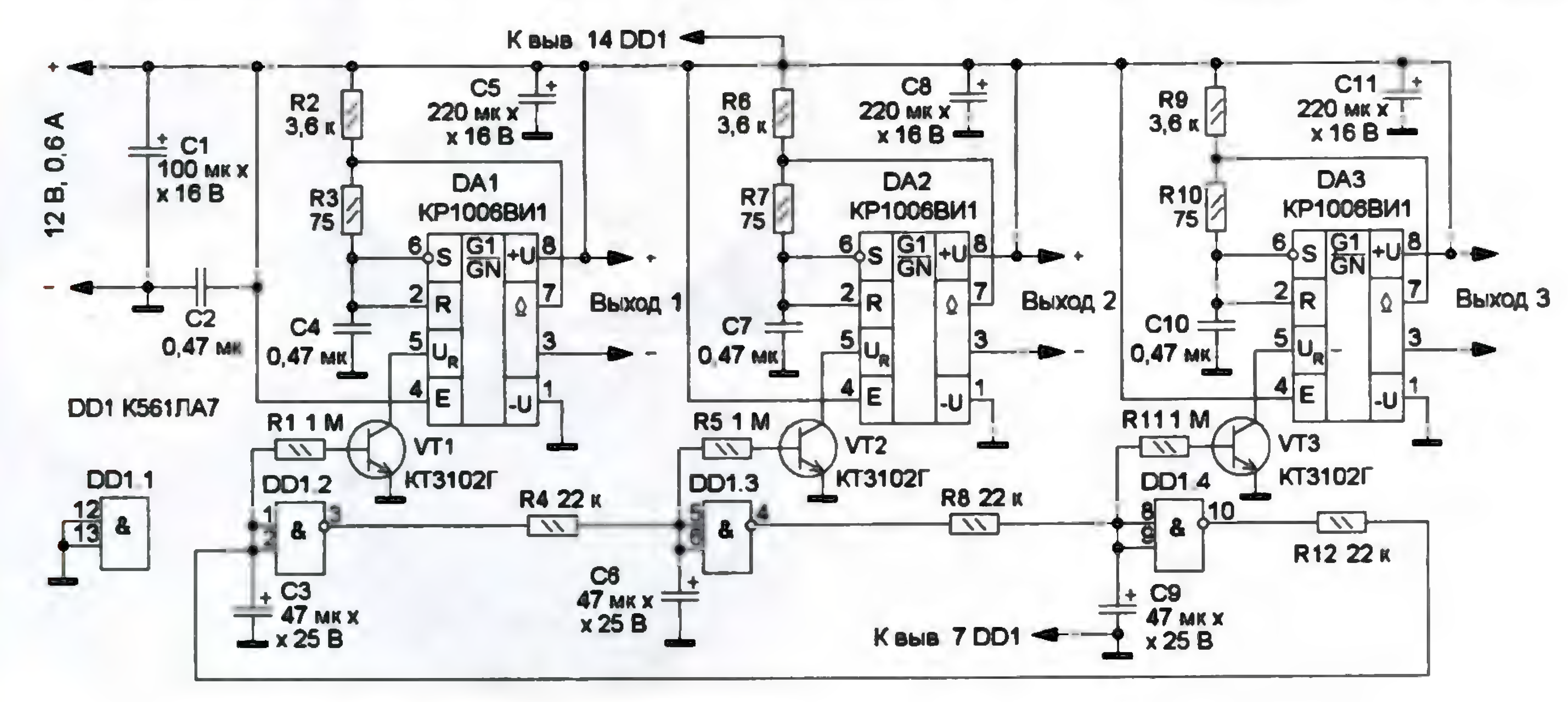
Декоративный светодиодный светильник-2

К. МОРОЗ, г. Белебей, Башкортостан

Известны декоративные светильники, в которых источники трёх основных цветов (красного, зелёного и синего) поочерёдно плавно изменяют свою яркость, и в результате смешения цветов получается богатая цветовая гамма [1, 2]. Силовые элементы этих устройств работают в линейном режиме, в результате чего на них рассеивается значительная мощность. В предлагаемом светильнике источники света питаются импульсным напряжением с регулируемой скважностью импульсов, что обеспечило устройству более высокий КПД.

Схема предлагаемого устройства показана на **рисунке**. Основа устройства — три генератора импульсов с регулируемой скважностью на интегральных таймерах DA1—DA3, работой которых управляет трёхфазный мультивибратор на микросхеме DD1 и транзисторы. Выходные сигналы в таком мультивибраторе, которые снимают с выходов логических элементов DD1.2—DD1.4, имеют вид прямоугольных импульсов, смещённых относительно друг друга на 120° [3]. В предлагаемом устройстве выходные сигналы снимаются с фазосдвигающих конденсаторов С3, С6 и С9 и имеют форму, близкую к треугольной с размахом несколько вольт. Причём они также смещены относительно друг друга на 120°. Эти сигналы через токоограничивающие резисторы R1, R5 и R11 поступают на базы транзисторов VT1—VT3. Изменяющееся напряжение на конденсаторах С3, С6 и С9 приводит к изменениям базовых и коллекторных токов этих транзисторов и напряжения на входе U_R (вывод 5) — выводе внутреннего резистивного делителя напряжения таймеров DA1—DA3. В результате изменяются частота и скважность выходных импульсов, а значит, ток и яркость светодиодов, подключённых к выходам таймеров.

В светильнике можно применить резисторы и конденсаторы любых типов, подходящие по габаритам и номинальному напряжению. Транзисторы — любые маломощные структуры n-p-n с коэффициентом передачи тока базы не менее 200. Замена микросхемы К561ЛА7 — микросхема К561ЛЕ5, таймеров КР1006ВИ1— импортные микросхемы NE555. Все детали (кроме светодиодов) размещены на универсальной макетной печатной плате размерами



50×50 мм с применением проводного монтажа. Конденсаторы С5, С8 и С11 необходимо установить рядом с выводами питания микросхем DA1—DA3 соответственно, а конденсаторы С1 и С2 — возле выводов питания микросхемы DD1.

Максимальный выходной ток таймеров КР100ВИ1 — 200 мА, что следует учитывать при подключении нагрузки. Были применены светодиодные ленты разного цвета свечения с номинальным напряжением питания 12 В. Но можно использовать и отдельные светодиоды, объединив их в ячейки. Падение напряжения на светодиодах синего цвета — 2,9...3,3 В, поэтому в каждой ячейке должны быть три последовательно соединенных светодиода и токоограничивающий резистор, обеспечивающий ток через них, не превышающий максимально допустимого. На светодиодах зелёного и красного цветов падение напряжения — 1,8...2,2 В, и в каждой ячейке можно применить четыре штуки. Число ячеек подбирают так, чтобы потребляемый ток каждого канала не превышал 200 мА, а яркость светильника при изменении цвета не изменялась. Интересный эффект получится, если в канал синего цвета включить несколько ячеек зелёного или красного цвета, или наоборот, и разместить светодиоды соответствующим образом.

Устройство начинает работать сразу после подачи питающего напряжения, и его налаживание сводится к установке желаемой скорости переключения светодиодов подборкой резисторов R4, R8, R12 (сопротивление 10...100 кОм) и конденсаторов С3, С6 и С9. Если сопротивление этих резисторов и ёмкость конденсаторов будут равны, то будет равной и продолжительность свечения каждого канала. При желании изменить продолжительность свечения одного из цветов, как, например, в [3], ёмкость соответствующего фазосдвигающего конденсатора следует увеличить. Глубину регулировки яркости можно уменьшить, увеличив сопротивление резисторов R3, R7, R10, и наоборот. Для питания устройства желательно применить стабилизированный источник питания с выходным напряжением 12 В с допустимым током не менее 600 мА.

Конструкция светильника зависит от его назначения, фантазии и возможностей радиолюбителя. Я сделал светильник для беседки, в котором применил плафоны от старой люстры. Внутри них на планках из прозрачного оргстекла смонтировал светодиодные ленты, а весь свободный объём засыпал стеклянной крошкой размером 5...10 мм от разбитого лобового стекла автомобиля. Плафоны закрепил на столбах. Яркость светильника оказалась достаточной для вечерних посиделок.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Мороз К.** Декоративный светодиодный светильник. — Радио, 2013, № 7, с. 50, 51.

2. **Левашов А.** Светодиодный светильник с плавным изменением цвета. — Радио, 2015, № 1, с. 47

3. **Мороз К.** "Бегущие огни".— Радио, 2013, № 10, с. 45

Эквивалент батареи "Крона"

А. ПУРЫНЫЧЕВ, г. Сумы, Украина

Для питания многих бытовых электронных приборов применяются батареи типоразмера 6F22 ("Крона", "Корунд" и импортные). Стоят они дорого, поэтому у радиолюбителей всегда было желание заменить их более дешёвыми. И тут поможет предлагаемое устройство, которое заменит указанные батареи. За его основу была взята схема из журнала "Радио" за 2001 г., № 11, с. 42 (**Чаплыгин А.** "Простой преобразователь напряжения"). За прошедшее время этот преобразователь напряжения применялся во многих разработках, но в данном случае его схема была изменена. Упрощён трансформатор и добавлены выпрямительные диоды, поскольку без них на эмиттерные переходы поступает слишком большое обратное напряжение. Кроме того, устройство дополнено узлом запуска.

Схема устройства показана на **рис. 1**. Преобразователь собран на транзисторах VT2 и VT3 и трансформаторе Т1, а узел запуска — на транзисторах VT1 и VT4. При снижении выходного напряжения до 4 В полевой транзистор VT1 открывается, что приводит к открыванию остальных транзисторов и запуску преобразователя. Когда выходное напряжение превысит 4 В, транзисторы VT1 и VT4 закрываются, т. е. узел запуска отключается и преобразователь напряжения работает самостоятельно. Частота генерации — около 40 кГц. Нагрузка преобразователя находится в цепи питания баз транзисторов VT2 и VT3, поэтому при отключении нагрузки генерация срывается. Но несколько раз в сутки преобразователь запускается, подзаряжая конденсатор С3. Периодичность запуска зависит от токов утечки конденсатора и обратного тока диодов VD1 и VD2.

Выходное напряжение — 9 В, КПД (при токе нагрузки 10 мА) — 85 %. Максимальный ток нагрузки — 50 мА, минимальный ток нагрузки, при котором

Рис. 1

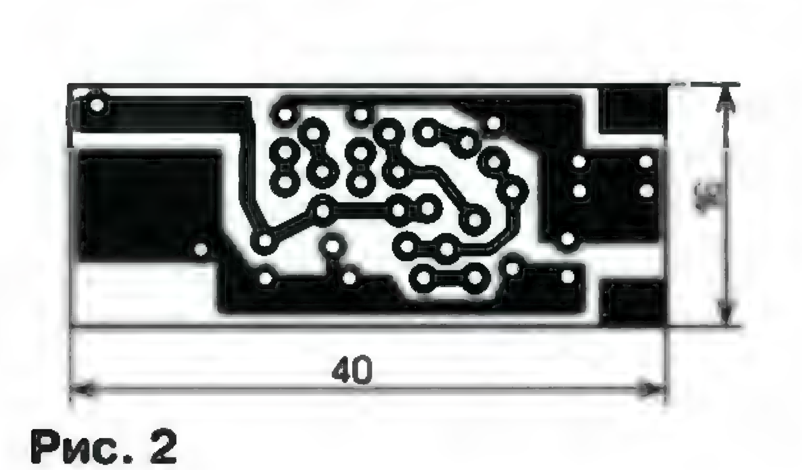


Рис. 2

Рис. 3

генерация не срывается, — 150 мкА (сопротивление нагрузки — 60 кОм). При разрядке гальванического элемента до 1,1 В выходное напряжение уменьшается до 6 В.



Рис. 4

Рис. 5

Большинство элементов установлено на односторонней печатной плате из фольгированного стеклотекстолита, чертёж которой показан на **рис. 2**, а их размещение — на **рис. 3**. Диоды смонтированы перпендикулярно плате. Высота установленных элементов вместе с платой — не более 11 мм. Минусовую линию питания припаивают с помощью фольги к минусовому контакту "–" разъёма XS1. Так получается контакт XT2, к которому прижимается "–" гальванического элемента G1. Смонтированная плата показана на **рис. 4**. Контакт XT1 — вращающийся, он изготовлен из пружины подходящего размера, которую крепят с помощью двух припаянных к плате проволочных скоб из металлических скрепок.

Применены резисторы Р1-4 или аналогичные малогабаритные длиной 4...5 мм, конденсаторы С1 и С3 — оксидные низкопрофильные диаметром 6,5 мм и высотой 8 мм. Конденсатор С3 следует выбрать с минимальным током утечки. Перед проверкой их выдерживают под номинальным напряжением не меньше часа. Конденсатор С2 — керамический или плёночный, в том числе и для поверхностного монтажа. Транзисторы КТ209Б надо подобрать с возможно близкими коэффициентами передачи тока базы, иначе при отключении нагрузки в конце зарядки конденсатора С3 преобразователь может перейти в однотактный режим и выходное напряжение возрастёт до 12 В. Полевой транзистор (КП103Л, КП103И, КП103К, КП103М, J175, J176) подбирают по напряжению отсечки (2,5 В). Напряжение запуска равно сумме напряжения питания и отсечки. Диоды надо подобрать с минимальным обратным током.

Трансформатор намотан на кольцевом магнитопроводе МН2000 К9×5×5 от чашки Б22, который помещён в термоусаживаемую трубку диаметром 8 мм. После термоусадки края трубки обрезаны и загнуты внутрь кольца. Сначала наматывают вторичную обмотку — примерно 50 витков провода ПЭВ-2 0,2, затем вторичную — восемь витков вдвое сложенным проводом ПЭВ-2 0,4...0,5. Выводы вторичной обмотки припаивают к выводам анодов диодов. Для питания можно применить гальванический элемент или аккумулятор типоразмера LR03 или LR6. При использовании элемента LR03 корпус длиннее штатного на 2,5 мм. Если позволяют размеры батарейного отсека, желательно ставить элемент LR6. Если планируется применить аккумулятор, надо увеличить число витков вторичной обмотки примерно до 55 витков и не забывать вынимать разряженный аккумулятор, иначе цепь запуска разрядит его до 0,5 В.

Плата и гальванический элемент размещены в металлическом корпусе отслужившей батареи "Крона". От неё использована и контактная колодка (разъём XS1).

Плату с этим разъёмом вставляют в корпус батареи (**рис. 5**) и припаивают две свободные площадки (на рис. 2 справа вверху и внизу) к нему. В отсек для гальванического элемента вставлена трубка, изготовленная из плёнки для лазерного принтера, края которой скреплены липкой лентой. Элемент вставляют в отсек и прижимают с помощью вращающегося контакта, конец которого изогнут и к которому припаяна фольга. Чтобы гальванический элемент не перемещался в отсеке, в случае необходимости его фиксируют с помощью отрезка ПВХ-трубки (при использовании элемента типоразмера LR6 трубка не нужна).

Проверяют устройство, подключив в качестве нагрузки резистор сопротивлением 300 кОм, и измеряют выходное напряжение. Оно должно плавно уменьшаться до 4 В (разрядка конденсатора С3), затем резко увеличиваться до 9,8 В и опять плавно уменьшаться. Это свидетельствует о нормальной работе устройства.

Автоматический разрядчик Ni-Cd аккумуляторных батарей

А. САВЧЕНКО, пос. Зеленоградский Московской обл.

Широкое применение в быту, например, в источниках питания ручного электроинструмента, находят Ni-Cd аккумуляторные батареи. Использование такого инструмента в домашних условиях обычно характеризуют две особенности — небольшой объём выполняемых работ и длительные перерывы (месяц и более) в использовании. Аккумуляторная батарея электроинструмента обычно отдаёт в каждом сеансе работы лишь небольшую (10...50 %) долю своей ёмкости, после чего её хранят в таком состоянии до следующего использования.

Такой режим отрицательно сказывается на свойствах батареи. Дело в том, что для Ni-Cd аккумуляторов характерен так называемый "эффект памяти" — при зарядке аккумулятор принимает лишь количество электричества, не превышающее того, что было им отдано в предыдущем цикле разрядки, а при следующей разрядке отдаст его столько, сколько было получено в ходе последней зарядки. Следовательно, чтобы аккумулятор-

ная батарея сохраняла свою ёмкость, перед использованием её необходимо полностью зарядить, а перед длительным хранением полностью разрядить.

С полной зарядкой всё просто. Этим процессом управляет входящее в комплект электроинструмента зарядное устройство. Значительно сложнее полностью разрядить частично разряженную батарею. Зарядные устройства не имеют, как правило, такой функции. Можно сделать это вручную — нагрузить батарею и ждать, когда напряжение на ней упадёт до 1 В на элемент, что соответствует состоянию полной разрядки. Конечно, это долго и нудно, поэтому на практике электроинструмент с частично разряженной батареей чаще всего просто отправляют на хранение. При следующем его использовании батарею заряжают (уже никто не помнит, что она была разряжена лишь частично), и начинает действовать описанный "эффект памяти", в результате чего в процессе эксплуатации батарея быстро теряет ёмкость.

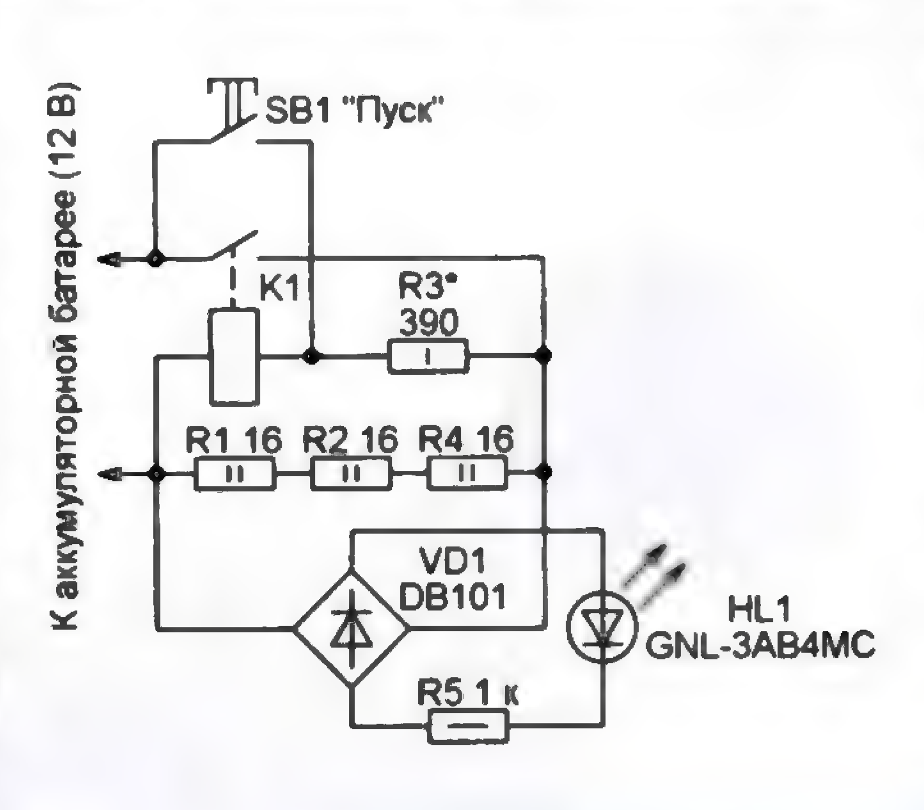
Предлагаемый разрядчик предназначен для автоматического приведения Ni-Cd аккумуляторных батарей в полностью разряженное состояние. Его достоинствами можно считать простоту конструкции, нечувствительность к полярности батареи и полностью автоматическую работу, не требующую наблюдения за процессом разрядки со стороны пользователя.

В авторском варианте разрядчик рассчитан на разрядку током 200...250 мА аккумуляторных батарей с номинальным напряжением 12 В до напряжения под нагрузкой 8...9 В (что соответствует ЭДС 0,95...1,05 В на аккумулятор). Он может быть легко адаптирован для батарей с другим номинальным напряжением.

Схема разрядчика приведена на **рисунке**. Его подключают к батарее в произвольной полярности. Для запуска процесса разрядки кратковременно нажимают на кнопку SB1, подавая этим напряжение батареи на обмотку реле K1. Сработавшее реле подключает к батарее разрядную цепь из соединённых последовательно резисторов R1, R2 и R4. Светодиод HL1 — индикатор идущей разрядки. Напряжение батареи поступает на него и добавочный резистор R5 через диодный мост VD1, что и обеспечивает нечувствительность к полярности подключения батареи.

После отпускания кнопки SB1 ток, текущий через обмотку реле K1 и ограничительный резистор R3, удерживает реле в сработавшем состоянии. Разрядка продолжается до тех пор, пока этот ток не уменьшится до тока отпускания реле. Это произойдёт, когда напряжение батареи снизится до значения, установленного при налаживании разрядчика подборкой резистора R3. Цепь разрядки будет разомкнута, а светодиод HL1 погаснет, свидетельствуя о том, что разрядка завершена. Потребление тока от батареи с этого момента прекращается, поэтому немедленно отключать от неё разрядчик нет необходимости.

В качестве K1 применено реле 845H-2A с катушкой на 12 В. Вместо него может быть использовано любое одностабильное электромагнитное реле с нормально разомкнутыми контактами, способными коммутировать ток не менее 0,5 А. Напряжение срабатывания реле не должно быть более 10 В, а напряжение отпускания — более 7 В. Этим требованиям удовлетворяют практически все малогабаритные реле с номинальным рабочим напряжением 12 В.



Светодиод GNL-3AB4MC можно заменить любым другим маломощным. Вместо диодного моста DB101 можно установить четыре маломощных диода практически любого типа. Кнопка SB1 должна быть рассчитана на ток через контакты не менее 0,5 А.

Налаживание разрядчика сводится к подборке резистора R3, от сопротивления которого зависит напряжение батареи, при котором произойдёт отпускание реле K1 и, следовательно, завершится разрядка.

Собранный разрядчик подключают для налаживания к источнику постоянного, регулируемого в пределах 7...12 В напряжения. Установив напряжение источника равным 10,5...11 В, нужно убедиться, что разрядчик надёжно включается при нажатии на кнопку SB1 и остаётся включённым после отпускания кнопки. Если это не так, значит, либо реле выбрано неудачно, либо оно неисправно. Возможны и ошибки в монтаже.

Затем, уменьшая напряжение источника, определяют его значение, при котором происходит отпускание реле, а светодиод HL1 гаснет. Оно должно находиться в пределах 8...9 В. Если напряжение выключения ниже указанного, следует установить резистор R3 большего сопротивления, если выше — меньшего.

Кроме аккумуляторных батарей с номинальным напряжением 12 В, для питания ручного электроинструмента часто применяют батареи на 14,4 В и на 18 В, содержащие соответственно по 12 и 15 аккумуляторных элементов. В **таблице** приведены пороговые значения напряжения включения и отключения разрядчика для работы с такими батареями.

В этих случаях по-прежнему используют реле K1 с рабочим напряжением обмотки 12 В. Подача на обмотку реле через контакты кнопки SB1 повышенного напряжения не должна вызывать беспокойства, поскольку она кратковременна. При этом надёжное включение разрядчика будет гарантировано (при исправных деталях и правильном монтаже), а порог отключения, как и в варианте на 12 В, устанавливают подборкой резистора R3.

Номин. напряжение, В	12	14,4	18
Порог включения, В	10,5...11	12,6...13,2	15,8...16,5
Порог отключения, В	8...9	9,6...10,8	12,0...13,5

Следует иметь в виду, что в варианте на 18 В необходимо увеличить номиналы резисторов R1, R2 и R4 до 20 Ом, иначе рассеиваемая на них мощность превысит допустимую. Может потребоваться увеличить и сопротивление резистора R5.

От редакции. *Предложенное устройство обеспечивает одинаковую степень разрядки элементов аккумуляторной батареи только в том случае, если она новая и собрана изготовителем из элементов с минимальным разбросом параметров. Дело в том, что если элементы соединены последовательно и отдают одинаковый ток, то "плохие" разряжаются быстрее, а "хорошие" — медленнее. Когда при разрядке суммарное напряжение батареи падает до заданного значения, первые оказываются переразряженными, а вторые остаются недоразряженными. Эта разница нарастает с каждым циклом "зарядка—разрядка" вплоть до того, что напряжение на некоторых элементах в конце разрядки меняет полярность. Такие элементы восстановлению не подлежат. Метод борьбы с этим явлением — индивидуальная предварительная разрядка и зарядка каждого элемента батареи.*

Звуковой сигнализатор открывания двери

А. БУТОВ, с. Курба Ярославской обл.

Чтобы контролировать факт открывания входной квартирной двери, садовой калитки, двери в подсобное помещение, крышки почтового ящика, можно изготовить несложное компактное устройство (**рис. 1**) с автономным питанием, которое известит вас о таком событии.

Рис. 1

Схема звукового сигнализатора показана на **рис. 2**. Устройство разработано с таким расчётом, что его можно адаптировать под различные сценарии использования. В качестве датчика открывания двери применён геркон SF1 с переключаемыми контактами. Когда дверь закрыта, приклеенный к ней магнит находится на минимальном расстоянии от геркона и на его подвижном контакте (левый по схеме) будет напряжение, близкое к нулю. На выходе логического элемента DD1.1 будет высокий логический уровень. При открывании двери магнит удаляется от геркона и на его подвижный контакт через резистор R1 поступит напряжение питания (лог. 1). На выходе элемента DD1.1 появится лог. 0. Напряжение низкого уровня через дифференцирующую цепь C7R8 поступит на вход элемента DD1.2. На логических элементах DD1.2 и DD1.3 собран ждущий мультивибратор, который запускается. Спад напряжения с выхода элемента DD1.3 через цепь C11R12 поступает на вход элемента DD1.2, поэтому лог. 0 будет поддерживаться на выходе элемента DD1.3 до тех пор, пока конденсатор C11 заряжается через резистор R11. Когда напряжение на левом по схеме выводе конденсатора C11 достигнет порога переключения элемента DD1.2, на его выходе появится лог. 0, а на выходе DD1.3 в этот момент появится и будет удерживаться лог. 1. Логический элемент DD1.4 включён как инвертор.

С появлением на выходе элемента DD1.4 лог. 1 включится двухтональный генератор, собранный на элементах DD2.1—DD2.4. На элементах DD2.1 и DD2.2 собран низкочастотный генератор. Частота следования импульсов задаётся элементами R3 и C3 и при указанных на схеме номиналах составляет около 10 Гц. На элементах DD2.3 и DD2.4 собран генератор ЗЧ, его частота зависит от сопротивления резисторов R7, R10, ёмкости конденсатора C9 и от состояния элемента DD2.2. Для указанных номиналов сигнализатор издаёт звук, напоминающий вызывной сигнал стационарного электронного телефонного аппарата.

На полевом транзисторе VT1 собран электронный ключ, подающий напряжение на динамическую головку BA1. Поскольку напряжение питания этого устройства выбрано всего 3 В, применён мощный полевой транзистор с малым пороговым напряжением. Элементы R1, R2, R4, R5, C1, C2, C6, VD1 и VD2 обеспечивают защиту от грозовых разрядов, а также от мощных импульсных и радиопомех. Кроме того, резисторы R1 и R2 ограничивают ток в случае неисправности геркона K1 или при замыкании проводов в сигнальной линии. Для указанных на схеме номиналов резистора R11 и конденсатора C11 длительность звукового сигнала при открывании двери — около одной секунды. При закрывании двери звукового сигнала нет. Чтобы иметь возможность беззвучно выйти из помещения, предусмотрена кнопка SB1. При замыкании её контактов конденсатор C8 разрядится, на выходе элемента DD1.3 будет лог. 1 до тех пор, пока конденсатор C8 заряжается через резистор R9 до порога переключения. В это время сигнализатор не реагирует на переключение контактов геркона. Для указанных на схеме номиналах элементов R9 и C8 сигнализатор не реагирует на состояние контактов геркона в течение около 30 с. Диод VD3 совместно с предохранителем FU1 защищает устройство от неправильной полярности питающего напряжения. В ждущем режиме устройство практически не потребляет тока (только токи утечки). Во время работы звукового сигнализатора потребляемый ток — около 150 мА.

Большинство деталей размещены на плате из изоляционного материала размерами 19×78 мм, монтаж — двухсторонний навесной проводной (**рис. 3**).

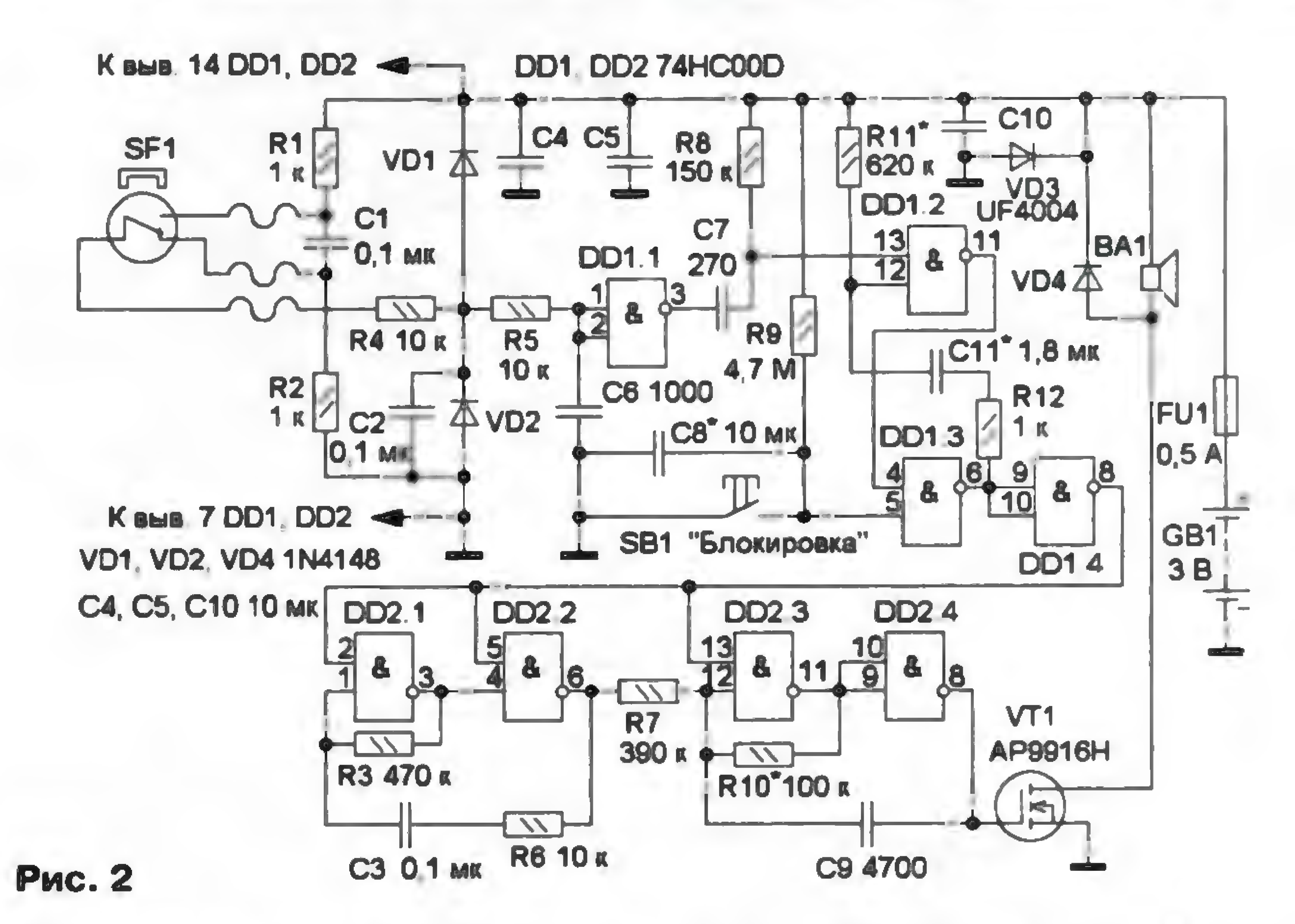
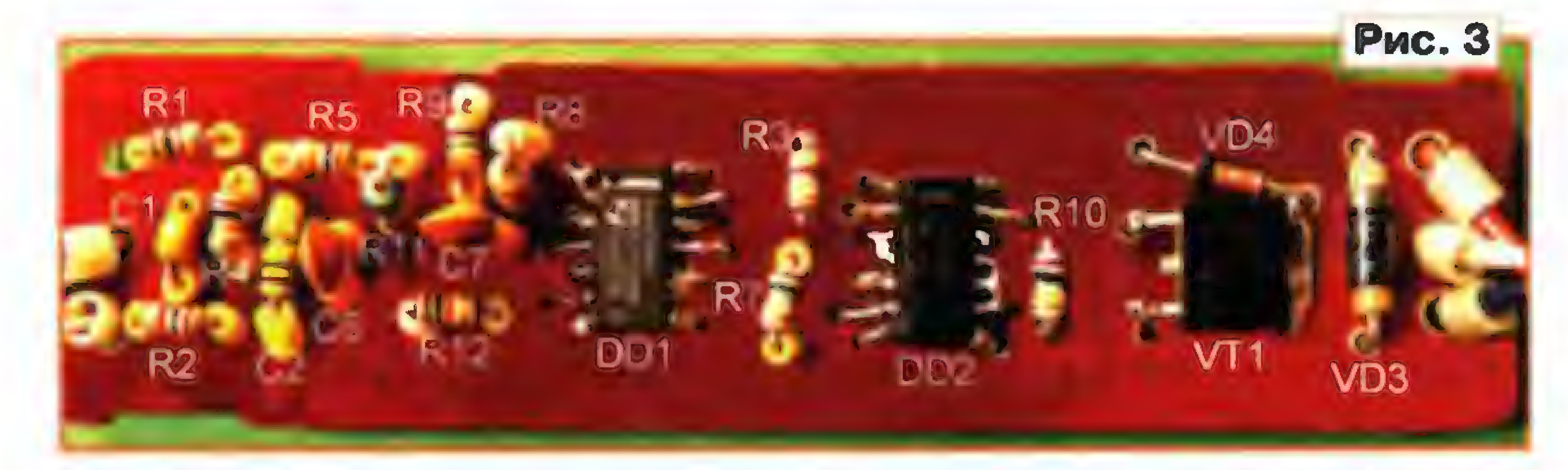


Рис. 2

После проверки работоспособности и налаживания плату с обеих сторон покрывают цапонлаком. Можно применить любые малогабаритные резисторы общего применения, например, C1-14,







С2-14, С1-4, а также для поверхностного монтажа. Все конденсаторы — керамические, например, К10-17, К10-50 или импортные, а также для поверхностного монтажа. Конденсатор С4 установлен между выводами питания микросхемы DD1 со стороны соединений. Конденсатор С5 установлен аналогично на выводах микросхемы DD2. Диоды 1N4148 можно заменить диодами 1N914, 1SS176S, 1SS244, КД510, КД521, КД522. Взамен диода UF4004 подойдёт любой малогабаритный выпрямительный, например, серий 1N400x, UF400x, 1N539x, КД243, КД247. Микросхемы — любые из серий xxx74HC00xx, xxx54HC00xx, например, MC74HC00AD (корпус SOIC-14), MC74HC00AN (PDIP-14). Плавкая вставка с держателем — любая малогабаритная, она включена в разрыв плюсового провода питания.

Полевой транзистор — AP9916H или AP9916J с пороговым напряжением не более 1 В при токе стока 0,1 А. При монтаже транзистора его выводы должны быть закорочены проволочной перемычкой. Возможная замена — транзисторы КП505Г, 2SK3485, 2SK3119, но они не являются аналогами AP9916. По моему мнению, подавляющее большинство мощных полевых транзисторов, рассчитанных на управление логическими уровнями напряжения, имеют пороговое напряжение открывания более 2 В при токе стока 0,1 А и для работы в этом устройстве не подходят.

Геркон (**рис. 4**) — КЭМ-3 (он применялся в телефонных аппаратах VEF ТА-32), помещён в термоусаживаемую трубку и прикреплён на дверной коробке. На выводы геркона надеты ПВХ-трубки, предотвращающие их изгиб при прогреве и сжатии термоусаживаемой трубки. Применен мощный неодимовый магнит диаметром 18 и толщиной 2 мм от малогабаритной импортной динамической головки. С таким магнитом геркон будет переключаться на расстоянии 10 мм и менее от него. Подойдёт малогабаритный прямоугольный магнит от ЖК-матрицы ноутбука. Можно применить и обычный, но более крупный магнит, он будет более заметен и без декоративной коробки может испортить дизайн двери. Магнит приклеивают к двери, а геркон закрепляют на её коробке так, чтобы при закрытой двери контакты геркона переключались.

Если длина линии связи с герконом более 20 м, его вывод, идущий к резистору R2, необходимо заземлить. При применении трёхпроводного экранированного кабеля его оплётку соединяют с тем же выводом геркона и также заземляют. Элементы защиты рассчитаны на длину линии связи до 150 м при условии, что она не проходит вблизи ЛЭП. Если геркон размещён на открытом воздухе или в неотапливаемом помещении, его выводы вместе с проводами герметизируют, например, с помощью эпоксидного клея.

Динамическая головка — любая малогабаритная сопротивлением 4 Ом. Для питания применены два щелочных гальванических элемента типоразмера АА. Можно также применить малогабаритный литиевый аккумулятор со встроенным контроллером от сотового телефона, но тогда потребуется установить гнездо для подключения ЗУ. Кнопка SB1 — малогабаритная мембранная без фиксации, например, 7906H фирмы BOURNS. Не применяйте кнопки с плоским пружинным контактом — из-за соскабливания этой пружиной металла с неподвижных контактов такие кнопки быстро обзаводятся утечкой. Кнопка приклеена к передней стенке корпуса, в качестве которого был применён пластмассовый корпус от неисправного беспроводного квартирного звонка Feron (см. рис. 1). В корпусе есть отсек для двух гальванических элементов типоразмера АА. Размещение узлов в нём показано на **рис. 5**.

Собранное без ошибок и из исправных деталей устройство начинает работать сразу после подачи напряжения питания и завершения процесса зарядки конденсатора С8. Длительность звукового сигнала можно изменить подборкой конденсатора С11 (до 100 мкФ). Подборкой конденсатора С8 изменяют время блокировки срабатывания сигнализатора. Подборкой резистора R10 можно установить желаемую тональность звукового сигнала. Устройство сохраняет работоспособность при снижении напряжения питания до 1,1 В, максимальное напряжение — 6 В.

При наличии готового музыкального или речевого модуля, например, от детской электрифицированной игрушки с напряжением питания 3 В, его можно применить взамен генератора на микросхеме DD2 и динамической головки. Если звук в модуле включается коротким замыканием контактов управляющей кнопки, то запускающий сигнал подают на один из этих контактов с выхода или с входов элемента DD1.4. Если готовый модуль включается подачей на него напряжения питания, к выходу элемента DD1.4 подключают затвор транзистора VT1, а взамен диода VD4 и динамической головки подключают этот модуль. Нагрузкой транзистора может быть радиопередающая кнопка беспроводного звонка, для этого транзистор VT1 подключают параллельно контактам кнопки (с учётом полярности) включения вызывного сигнала.

Подставка для "награды"

Д. МАМИЧЕВ, п. Шаталово Смоленской обл.

Предлагаемое устройство может быть хорошей подставкой для различных малогабаритных наград, да и само может быть именным, запоминающимся призом для победителей в конкурсах радиотехнического творчества начинающих радиолюбителей или, например, по итогам годовой работы детского творческого объединения. Награду крепят на основании — вентиляторе (компьютерном кулере), который периодически плавно вращается, привлекая к ней внимание.

Схема устройства показана на **рис. 1**. На трансформаторе Т1 и транзисторе VT4 собран блокинг-генератор. После подачи питающего напряжения он начинает работать, и транзистор поочередно открывается и закрывается. Когда он открыт, через обмотку I протекает ток и энергия запасается в магнитном поле трансформатора, а когда закрывается, на его коллекторе возникают импульсы напряжения, которые затем выпрямляет диод VD2, и начинается зарядка конденсатора С3.

Транзисторы VT1 и VT3 включены инверсно и работают в лавинном режиме. Когда напряжение на конденсаторе достигнет напряжения около 22 В, происходит лавинообразное открывание этих транзисторов. Напряжение питания поступает на электродвигатель вентилятора, и его ротор начинает вращаться. Одновременно через диод VD1 заряжается конденсатор С1. После разрядки конденсатора С3 до 16 В транзисторы VT1, VT3 закрываются, но за счёт напряжения на диоде VD1 транзистор VT2 остаётся открытым и конденсатор С3 продолжает разряжаться через электродвигатель, а его ротор — вращаться. После разрядки конденсатора С3 цикл работы повторяется. Резистор R1 ограничивает базовый ток транзистора VT4. Конденсаторы С2 и С4 обеспечивают устойчивую работу транзисторов VT1 и VT3 в лавинном режиме.

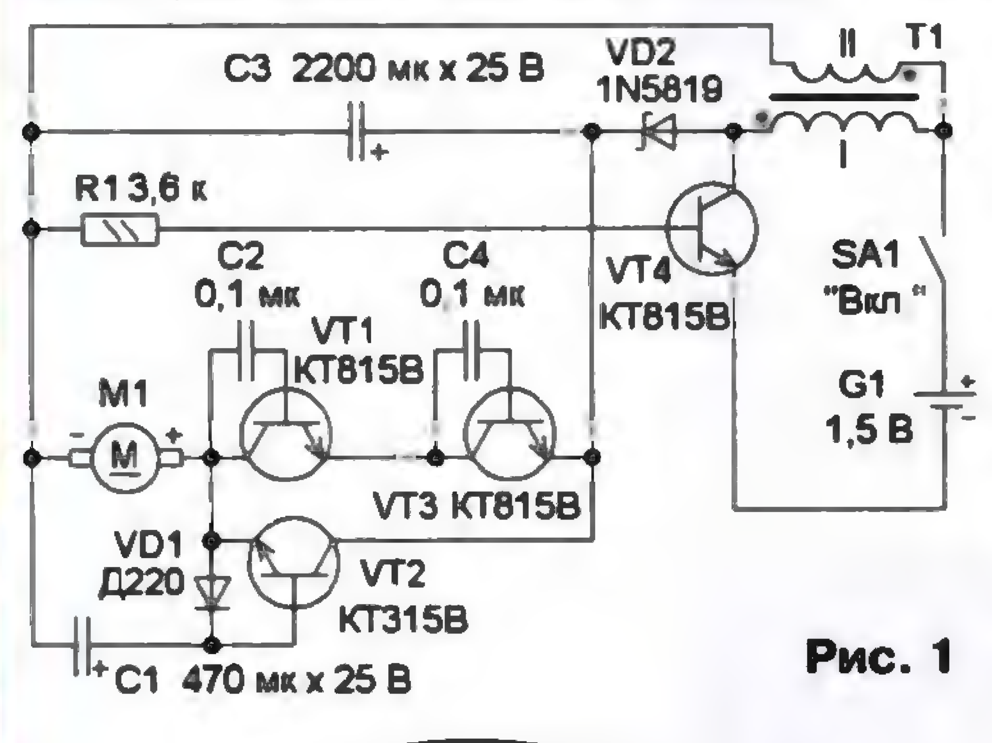
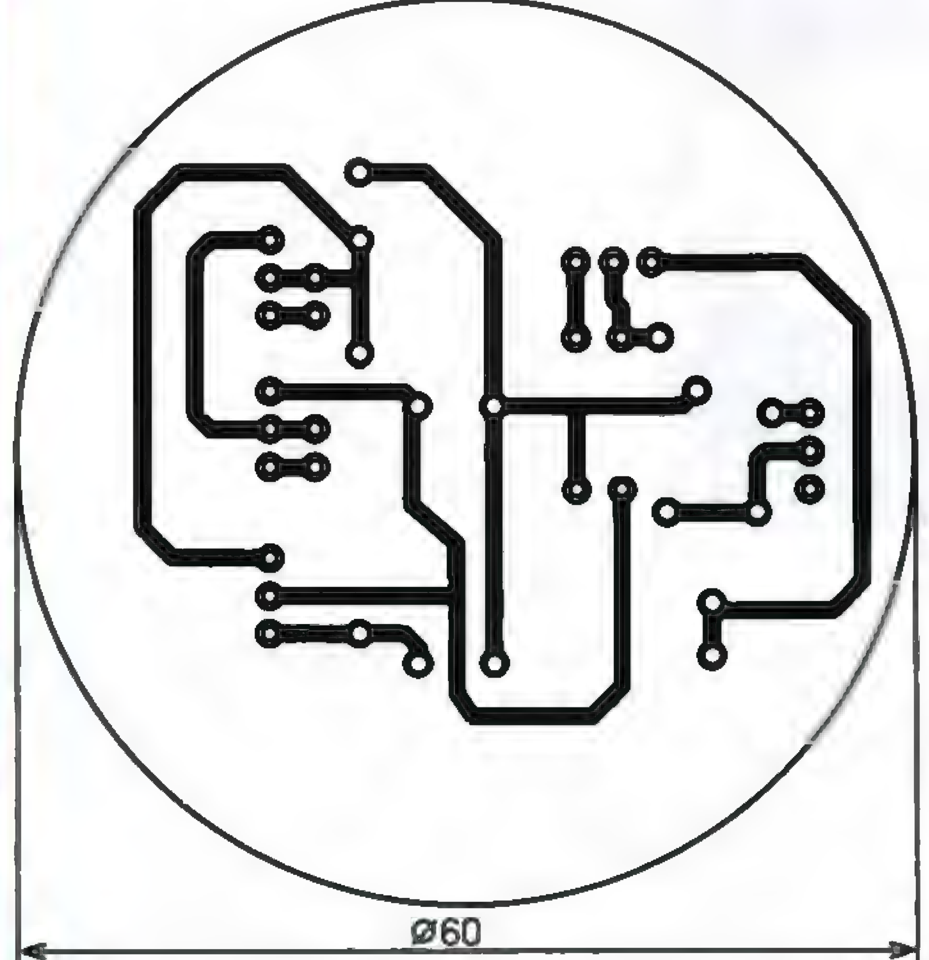


Рис. 1

Все элементы размещены на односторонней плате из фольгированного стеклотекстолита, её чертёж показан на **рис. 2**. Применены импортные оксидные конденсаторы, С2 и С4 — К10-17, резистор — МЛТ, С2-23. Диод 1N5819 можно заменить любым выпрямительным Шотки. Трансформатор Т1 намотан на ферритовом кольце от энергосберегающей лампы. Его обмотки содержат по 20—25 витков провода ПЭВ-2 0,3. Вентилятор — с номинальным напряжением 12 В, с током потребления 120 мА. Выключатель питания — любой малогабаритный. Питается устройство от гальванического элемента LR44 напряжением 1,5 В. Для него на плате установлены держатели, изготовленные из металлической канцелярской скрепки. Устройство потребляет ток 20...25 мА.



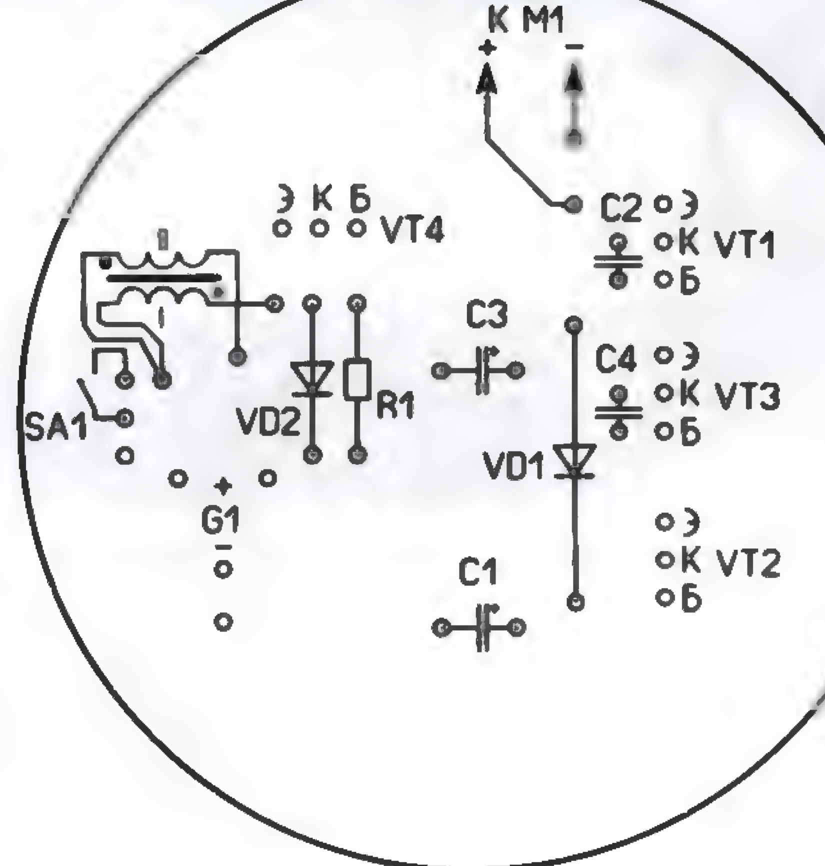
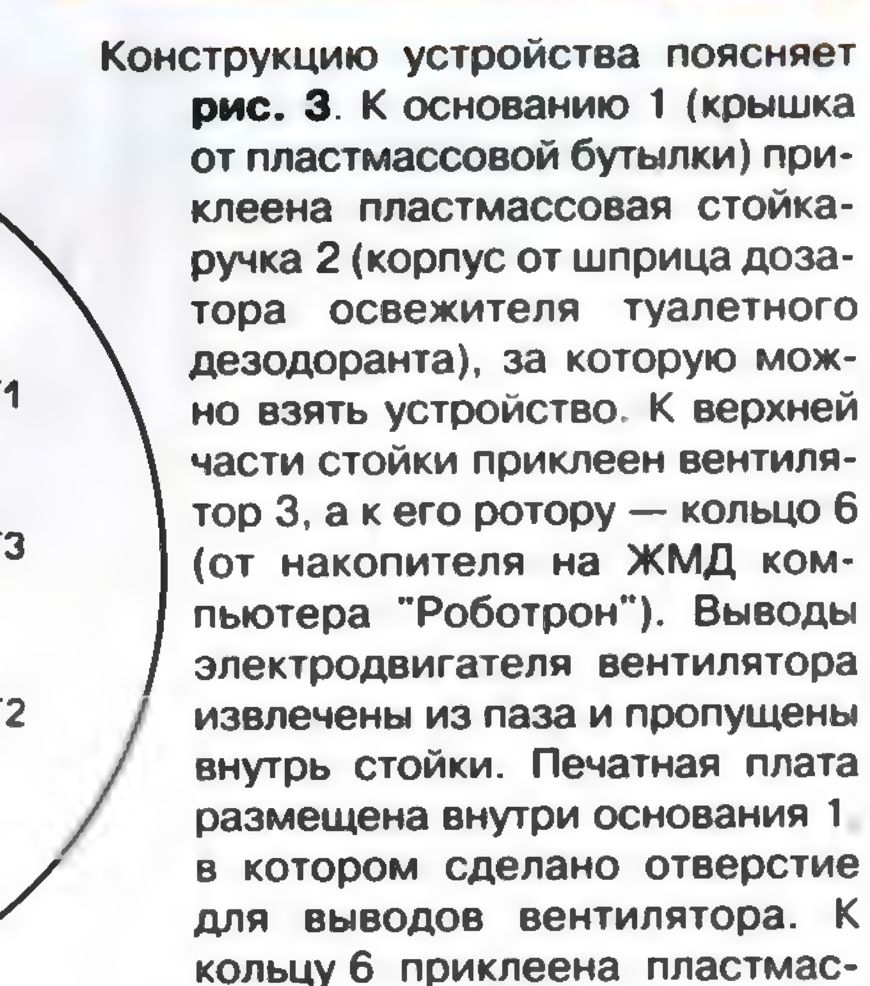


Рис. 2



Рис. 3

Конструкцию устройства поясняет **рис. 3**. К основанию 1 (крышка от пластмассовой бутылки) приклеена пластмассовая стойка-ручка 2 (корпус от шприца дозатора освежителя туалетного дезодоранта), за которую можно взять устройство. К верхней части стойки приклеен вентилятор 3, а к его ротору — кольцо 6 (от накопителя на ЖМД компьютера "Роботрон"). Выводы электродвигателя вентилятора извлечены из паза и пропущены внутрь стойки. Печатная плата размещена внутри основания 1, в котором сделано отверстие для выводов вентилятора. К кольцу 6 приклеена пластмассовая крышка 5 с прорезью, в которую вставлены два CD-диска 4 (зеркальной поверхностью наружу). На крышке 5 можно закрепить зажим или держатель для фиксации различных наград или знаков (медали, плакетки и т. п.). При монтаже был применён вязкий клей "Момент".



От редакции. *Видеоролик, иллюстрирующий работу устройства, находится по адресу* ***ftp://ftp.radio.ru/pub/2016/01/nagrada.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

РАДИО
E-mail: mail@radio.ru
ЖУРНАЛ В ЖУРНАЛЕ
о связи

Новости СРР

ИТОГИ ВКР-2015

В ноябре прошлого года закончила свою работу Всемирная конференция радиосвязи (ВКР). Для радиолюбительского сообщества были приняты два решения, которые в перспективе откроют для нас два новых радиолюбительских диапазона.

Самым важным решением ВКР стало **распределение на вторичной основе любительской службе во всех трёх районах ITU полосы радиочастот 5351,5...5366,5 кГц.** При этом в 1-м районе мощность любительской радиостанции ограничена 15 Вт эффективной изотропной излучаемой мощности (ЭИИМ, 15 Вт с ненаправленной антенной).

Это решение далось нелегко. Первоначально IARU внёс предложение распределить радиолюбителям в диапазоне 5 МГц целые 200 кГц, ограничив выходную мощность любительской радиостанции 100 Вт пиковой мощности. Администрации связи ряда стран были категорически против распределения какой-либо полосы частот вблизи 5 МГц радиолюбителям. Однако компромисс всё же был достигнут после сужения предлагаемой полосы до 15 кГц и ограничения мощности до 15 Вт ЭИИМ.

Решение ВКР (выделить радиолюбителям полосу радиочастот в районе 5 МГц) было мотивировано IARU высокой общественной значимостью любительской радиосвязи в условиях чрезвычайных ситуаций и необходимостью иметь полосу радиочастот для радиосвязи в годы минимума солнечной активности. С целью демонстрации

МОЛОДЦЫ!

В сентябре прошлого года в Македонии прошёл XII чемпионат мира по скоростной радиотелеграфии.

В нём приняли участие 102 спортсмена из девятнадцати стран. Первое командное место заняла команда Республики Беларусь, второе — команда России, третье — команда Румынии. В личном зачёте у спортсменов СРР 10 золотых, 17 серебряных и 11 бронзовых медалей: Анна Садукова (RA4FVL) — 4 золотые; Евгений Пашнин (RV9CPV) — 3 золотые, 2 серебряные; Валерий Садуков (RA9CLD) — 3 золотые; Эльвира Арюткина (UA4FJ) — 5 серебряных; Екатерина Иванова (RZ9UMA) — 3 серебряные, 2 бронзовые; Юлия Вязовская (UA4FGO) — 3 серебряные, 1 бронзовая; Омари Садуков (UA4FFP) — 2 серебряные, 1 бронзовая; Платон Журавлёв (R9YBA) — 1 серебряная, 1 бронзовая; Валерия Першина (R4F-30) — 1 серебряная; Павел Филоненко (R9C-6699) — 2 бронзовые; Данил Шестаков (R9U-144) — 2 бронзовые; Валерий Иксанов (RA9CLC) — 1 бронзовая; Андрей Саламатов (R9C-6631) — 1 бронзовая.

Следующий чемпионат мира по скоростной радиотелеграфии пройдёт в сентябре этого года в Омане.



возможностей любительской службы IARU организовал небольшой приём, в котором приняли участие ряд делегаций администраций связи, а также высшее руководство ITU, включая его генерального секретаря Хоулиня Чжао. IARU на встрече представляли президент 1-го района IARU Дон Битти (G3BJ) и Дэйв Самнер (K1ZZ).

Возможности любительской службы при организации любительскими радиостанциями сети радиосвязи, предназначенной для преодоления последствий стихийных бедствий, продемонстрировал представитель IARU Ханс Циммерман (HB9AQS, F5VKP), установивший на территории ВКР автофургон и развернувший в нём мобильный пункт любительской радиосвязи.

Таким образом, у СРР появились основания для подготовки проекта решения ГКРЧ, которое выделяло бы эту полосу российским радиолюбителям с 1 января 2017 г. Работа по подготовке текста такого документа начата.

В настоящее время в указанной полосе частот с разной степенью регулярности работают несколько сотен российских радиостанций сухопутной подвижной и фиксированной служб, в том числе и несколько мощных передатчиков, обеспечивающих радиосвязью восток страны. Только частотных присвоений в этой полосе насчитывается более 220. Поэтому требования к использованию любительских радиостанций, по крайней мере, в течение первых нескольких лет будут жёсткими.

Предварительно предполагается, что в указанной полосе будет разрешён единственный вид модуляции — телеграф. Будет запрещено проведение массовых эфирных мероприятий (например, соревнований).

Радиолюбителям уже сейчас можно не спеша готовиться использовать полосу радиочастот 5351,5...5366,5 кГц по прямому назначению — для проведения тренировок по имитации аварийной радиосвязи.

Российским радиолюбителям будет также интересно узнать о том, что вопрос о включении в повестку дня следующей ВКР, которая состоится в 2019 г., возможного распределения любительской службе во всех трёх районах ITU полосы радиочастот в диапазоне 50 МГц практически решён.

Отсутствие распределения любительской службе полосы радиочастот в диапазоне 50 МГц в 1-м районе на уровне ITU является последним формальным препятствием на пути выделения радиочастот этого диапазона любительской службе в России. При этом будем надеяться, что выделение произойдёт гораздо раньше. Для того чтобы это произошло, Союз радиолюбителей планирует направить в установленном порядке в Минкомсвязи проекты соответствующих нормативных актов.

Молодёжный кубок А. С. Попова

В первую субботу февраля состоится традиционное молодёжное соревнование по радиосвязи на КВ телефоном — Молодёжный Кубок А. С. Попова. В 2016 г. в статусе Кубка произошли существенные перемены. Соревнования стали официальными всероссийскими. Наряду с первенством России, "Дружбой", "Снежинкой" и межрегиональными соревнованиями, они включены в Единый календарный план физкультурных мероприятий и спортивных мероприятий Минспорта России и составили единую спортивную молодёжную программу СРР и редакции журнала "Радио".

Так же, как и в других всероссийских соревнованиях, в Молодёжном Кубке А. С. Попова теперь можно выполнить спортивные нормативы от третьего юношеского разряда до разряда "Кандидат в мастера спорта". Для юных спортсменов это очень важно, поскольку во многих регионах России действуют региональные программы поддержки талантливой молодёжи, присуждаются стипендии губернаторов регионов. Претендовать на такую поддержку могут молодые люди, имеющие достижения в официальных спортивных соревнованиях. С 2016 г. Молодёжный Кубок А. С. Попова встал в ряд таких соревнований. ■

SK

Замолчала радиостанция ветерана войны, одного из старейших радиолюбителей Алтайского края, Завьялова Михаила Кузьмича (U9YB).



Развитие УКВ-техники связи в предвоенный период

Виктор МАЛЬЦЕВ (RU3AL), г. Москва

Многие читатели, интересующиеся военной аппаратурой прошлых лет, на вопрос о первой отечественной УКВ-радиостанции ответят: "Конечно же, это А-7". Действительно, легендарная радиостанция отличалась надёжностью, простотой в эксплуатации и обеспечивала достаточные дальность и качество связи. Станция непрерывно совершенствовалась, видоизменялась, а после войны применялась и в народном хозяйстве. Более подробно о модификациях радиостанции А-7 рассказано в [1]. Вместе с тем, выпуск этих радиостанций был налажен лишь в 1943 г., а реальное поступление их в войска относится к началу 1944 г. До этого времени для связи в низовых звеньях управления войсками использовались простые маломощные УКВ-радиостанции с амплитудной модуляцией и сверхрегенеративными приёмниками, разработанные Владимиром Ивановичем Немцовым — блестящим изобретателем, конструктором, а после войны — известным советским писателем-фантастом.

Первоначальные увлечения театром, поэзией и живописью привели будущего конструктора на литературное отделение этнологического факультета Московского университета, где он начал учиться после окончания рабфака. Постепенно как хобби в его жизнь вошла радиотехника. Как и все радиолюбители той поры, начав свой путь от детекторного приёмника и простых регенераторов, сделанных из подручных материалов, он постепенно переходил к более сложным и, как говорят сейчас, "продвинутым" конструкциям. Радио всё больше привлекало его и, как признавался сам Владимир Иванович, "...расчёт катушек самоиндукции и теории стихосложения начали враждовать друг с другом...". В свободное от учёбы время он ведёт занятия в радиокружках на детских технических станциях, тогда же выходит в свет его первая научно-популярная книжка "Юный радист". Позднее его публикации появляются в журналах "Знание-сила", "Пионер", "Радиослушатель", в газете "Новости радио". Ряд технических решений в его конструкциях защищён авторскими свидетельствами.

За год до окончания университета он бросает учёбу и переходит на работу в Центральный институт труда. Здесь ему удаётся совмещать и основную работу, и его увлечение — решать первые задачи по созданию небольших переносных приёмников и радиостанций. К тому времени относится одна из его публикаций — описание простой "радиопередвижки", помещавшейся в чемодане [2].

В начале 30-х годов прошлого века происходило изучение возможностей и свойств волн метрового диапазона, активно развивалась техника для этих частот. Сначала в любительской, а затем и в профессиональной радиосвязи расширялось применение мобильных радиостанций, работающих в ультракоротковолновом диапазоне. Множество публикаций в периодической литературе того времени способствовало популяризации УКВ-связи среди любителей. В. И. Немцов с чрезвычайным энтузиазмом отнёсся к этой тематике, в дальнейшем особенное внимание уделял развитию и освоению техники связи на высоких частотах. Помимо непосредственного "связного" применения подобного ВЧ-излучения, тогда изучались и другие его "чудодейственные" свойства, например, для применения в сельском хозяйстве и медицине [3, 4]. Владимир Иванович в своих воспоминаниях о собственном опыте применения излучений такого рода отзывается с изрядной долей юмора, что, впрочем, характерно для многих его публикаций на "серьёзные" темы.

Окончание.
Начало см. на 2-й с. обложки



Владимир Иванович Немцов в годы Великой Отечественной войны (фотография из экспозиции ВИМАИВС).

В 1933 г. в журнале "Радиофронт" появляется его статья о перспективах применения ультракоротких волн радиолюбителями [5], а в 1935 г. публикуется описание простых УКВ-приёмника и передатчика, применяемых для связи с самолётами и планерами [6]. Личное изучение работы и опыта применения своих конструкций зачастую требовало не только смекалки, но и отваги. Очень подробно и красочно этот жизненный период описан в автобиографической повести Немцова "Параллели сходятся" [7]. Позднее выходит в свет книга с описанием методики самостоятельного изготовления простой УКВ-радиостанции [8], а в научно-популярном издании "Весёлое радио" [9] доходчиво и просто излагаются основы радиотехники для начинающих.

В дальнейшем, уже работая в Научно-исследовательском институте связи (в то время НИИС КА, ныне ЦНИИИ 16 МО РФ), он принимал активное участие в разработке новых армейских УКВ-радиостанций [10]. Радиостанции этого типа впоследствии нашли самое широкое применение для обеспечения оперативной связи в низовом звене управления войсками. Вскоре появились и первые макетные образцы батальонных и ротных радиостанций [11]. Учитывая предназначение и особенности применения таких радиостанций, они были сравнительно просты. Станции имели простой малоламповый сверхрегенеративный приёмник, маломощный (доли ватта) передатчик. Этого было достаточно для обеспечения связи в условиях прямой видимости. Простота обеспечивала массовый промышленный выпуск подобных радиостанций при высокой технологичности и относительной дешевизне, уменьшала габариты и массу, позволяла эксплуатировать их личному составу с минимальной подготовкой. В приёмном и передающем трактах использовались одни и те же каскады, что сокращало число компонентов, так как элементная база того времени сильно ограничивала конструктора, прежде всего, в плане габаритов.

Первой принятой на вооружение малогабаритной УКВ-радиостанцией конструкции В. И. Немцова была РРУ ("Радиостанция Ротная Ультракоротковолновая"). Их промышленный выпуск начался в 1938 г. на заводе № 4 НКВД в Москве. Радиостанция предназначалась для низовой связи в стрелковых батальонах и ротах. Диапазон частот от 33,25 до 40,5 МГц был разделён на 58 фиксированных частот (волн). При массе с батареями 8 кг со штатной штыревой антенной радиостанция обеспечивала связь с аналогичной станцией на расстоянии от 2 до 4 км в зависимости от рельефа местности [12].

Радиостанция представляла собой простой трансивер на двух штифтовых триодах УБ-107 и УБ-132.

Первое боевое крещение радиостанции РРУ получили на Халхин-Голе. Несомненно, что радиостанции принесли пользу в боевых операциях, но тогда её конструктору пришлось испытать и горечь разочарования. Ведь полевые испытания не могли подсказать всего того, что может выявиться в действительной боевой обстановке. Серьёзным недостатком было то, что аккумуляторы радиостанций были слишком малой ёмкости, а потому при удалённых от линии фронта зарядных базах их зарядка стала проблемой. Несмотря на то что радиостанции обеспечивали несколько часов непрерывной работы без перезарядки, радисты жаловались, что этого хватает, по их словам, "на одну закурку". Тогда же выявился и ряд других недостатков этой радиостанции, такие как

малая стабильность частоты настройки передатчика, большой уровень шумов и собственного излучения приёмника.

Во время советско-финской войны доработанные радиостанции РРУ продолжали поступать в войска и применялись в батальонах для связи с ротами [13]. Следует отметить, что в последующих моделях перечисленные недостатки также присутствовали в той или иной степени.



Нарком обороны С. К. Тимошенко осматривает новые образцы вооружения. На первом плане — радиостанции РРС и РБС.

По окончании советско-финской войны с учётом замечаний и выявленных недостатков радиостанции РРУ было принято решение о разработке и выпуске доработанного образца [13]. Однако некоторая часть таких радиостанций оставалась на вооружении в действующей армии и принимала участие в боевых действиях на фронтах Великой Отечественной войны.

В. И. Немцов в 1940 г. добровольно вступает в РККА и в должности военного инженера третьего ранга продолжает работы по совершенствованию радиостанций. Начало производства малогабаритных прямонакальных ламп позволило ему разработать новые образцы отечественных войсковых УКВ-радиостанций для ротной (РРС), батальонной (РБС) и полковой (РПС) связи [14].

Первая из этой линейки была создана радиостанция РРС — уникальная для тех времён по массогабаритным характеристикам. Собственные размеры приёмопередатчика — всего лишь 250×170×60 мм. При массе 3,5 кг (без учёта батарей) радиостанция обеспечивала уверенную связь телефоном с аналогичной станцией на расстоянии около 1 км. Диапазон частот — от 32,4 до 36,8 МГц. В приёмнике и передатчике применены малогабаритные триоды УБ-240 (два — в приёмнике, один — в передатчике). Остальные параметры радиостанции были практически идентичны предшественнице РРУ [15].

РРС была принята на вооружение в 1940 г., но количество произведённых промышленностью радиостанций было на порядок меньше по сравнению с выпуском РРУ (запланировано произвести 1000 радиостанций РРС против 10000 радиостанций РРУ) [16]. Единственный известный экземпляр РРС на сегодняшний день находится в экспозиции Военно-исторического музея артиллерии, инженерных войск и войск связи (ВИМАИВС, г. Санкт-Петербург).

На смену РРУ пришла новая радиостанция, разработанная В. И. Немцовым, — РБС, принятая на вооружение в самом начале 1941 г. (другое название — 4-Р).



Радиолампы тех лет. Верхний ряд — триоды УБ-107 и УБ-132 (радиостанция РРУ). Нижний ряд — малогабаритные лампы УБ-240, СБ-244, 2К2М и СО-257 (радиостанции РРС, РБС).

РБС была наиболее сложной и массовой УКВ-радиостанцией, выпускавшейся нашей промышленностью накануне и практически до окончания Великой Отечественной войны. Радиостанция РБС предназначалась для радиотелефонной связи внутри стрелкового батальона, а также и в артиллерийских сетях (дивизион, батарея). Она представляла собой комбинацию собственно УКВ АМ-радиостанции и полевого телефонного аппарата фонического типа. Эта радиостанция могла использоваться на стоянке, на ходу, были предусмотрены варианты для работы с автомобиля, а также возможно её использование на самолёте У-2 (По-2) для корректирования артогня и в качестве маркера для сброса грузов. Как полевой телефонный аппарат радиостанция могла работать по двухпроводной и однопроводной линиям с аналогичными радиостанциями РБС или с телефонными аппаратами УНА-Ф. В зависимости от разновидности радиостанций и применяемых антенн дальность связи могла достигать 20 км (с самолётом — до 30 км) [17]. За разработку этой радиостанции В. И. Немцов в 1941 г. был представлен к награждению орденом Красной Звезды.

Радиостанция представляла собой четырёхламповый приёмопередатчик, собранный по трансиверной схеме. В дальнейшем такие радиостанции выпускались с увеличенной выходной мощностью, что потребовало изменения габаритов батарейного отсека. Радиостанция получила название РБС-А (4-РА).

РБС первоначально планировали выпускать на том же заводе в Москве, выпускавшем раннее РРУ и РРС. Первые партии радиостанций РБС были выпущены в конце 1940 г., а в 1941 г. завод № 4 НКВД был реорганизован, став частью завода № 512 НКБ. В первом квартале 1941 г. выпущено 9624 радиостанции. Несмотря на начавшееся производство армия остро ощущала нехватку подобных радиостанций. В предвоенное время и особенно в начале войны в войсках сложилась напряжённая ситуация с низовыми средствами радиосвязи. Обеспечение батальонными и ротными радиостанциями составляло 78 и 83 % (средняя обеспеченность по армии), а большой некомплект средств связи заставлял использовать для вооружения армии большое количество аппаратуры устаревших типов. В Западных округах дело обстояло ещё хуже. Средняя цифра по таким радиостанциям составляла всего лишь 46,5 %. Общее количество средств связи батальонного и ротного звена, согласно мобилизационному плану 1941 г., должно было составлять 33812 и 24425 шт. соответственно, но в наличии же было 20814 и 13016 шт. С началом войны дополнительно сказались и значительные потери таких радиостанций в Западных округах — только в первый месяц войны потеряно 1446 шт. [18]. Острая нужда в подобных радиостанциях в начальный период Великой Отечественной войны заставила искать возможности массового выпуска батальонных УКВ-радиостанций на нескольких заводах. Поэтому, кроме РБС 4-Р и 4-РА, разными заводами выпускались аналогичные радиостанции ("Ангар", "Арарат", "Аракс"), имевшие то или иное отличие от радиостанции 4-Р завода № 512. В основном они работали на тех же принципах, а управление ими было аналогичным управлению радиостанцией 4-Р.

С сентября 1941 г. начата эвакуация завода № 512, производившего 4-Р, в Новосибирск, а уже на новом месте 1 декабря 1941 г. завод, теперь именуемый Государственным союзным заводом № 564, дал первую продукцию оборонного значения. В последний месяц 1941 г., благодаря героической и творческой работе в тяжелейших условиях, завод сумел возобновить производство радиостанций — выпущено 150 радиостанций РБС. В 1942 г. их выпуск достиг 9919 шт. [19].

В. И. Немцов, как конструктор этой радиостанции, принимал непосредственное участие в организации довоенного производства 4-Р в Москве, а с началом войны был срочно командирован в Ленинград для налаживания их производства для нужд Северо-Западного фронта. Радиостанцию было поручено готовить к производству заводу "Радист". Завод до войны выпускал лишь бытовую технику, и заводскому коллективу с таким заказом ранее встречаться не приходилось. Надо было адаптировать образец с учётом производственных возможностей завода, причём ориентироваться на максимальное использование цехов, наиболее оснащённых современной техникой.

В ширпотребовской продукции завода значительное место занимала пластмасса. Именно это и нужно было учесть при конструировании нового образца. В начале августа завод приступил к освоению производства УКВ-радиостанций. Первые радиостанции трудно поддавались регулировке, капризничали и никак не хотели нормально работать. Для серийного выпуска аппараты оказались неподготовленными, но до конца августа удалось изготовить два действующих опытных образца радиостанции, названных РБС-1 "Арарат", и всей необходимой технологической оснастки. В сентябре, когда удалось восстановить штатную численность завода (взамен ушедших в ополчение), в кооперации с другими ленинградскими заводами была выпущена первая серия этих радиостанций — 61 шт. Всего до конца 1941 г. на "Радисте" планировалось произвести 6500 шт., однако из-за тяжелейших условий труда в условиях блокады и практически полном отсутствии электроэнергии реально было произведено лишь 968 шт. В следующем 1942 г. выпуск перекрыл годовой план и достиг 2770 шт. После некоторой модернизации радиостанция продолжала выпускаться в Ленинграде до конца 1944 г. [20].

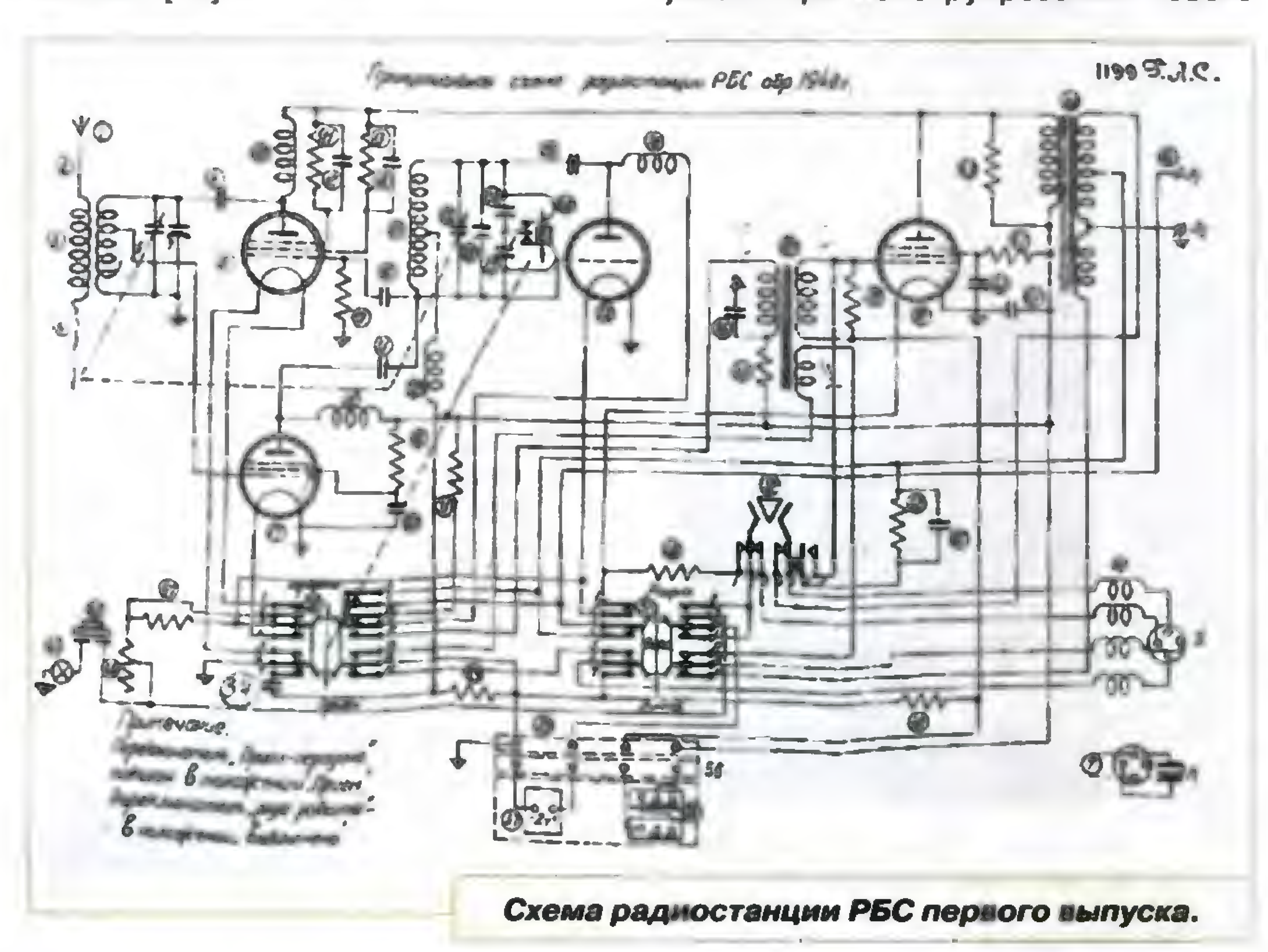
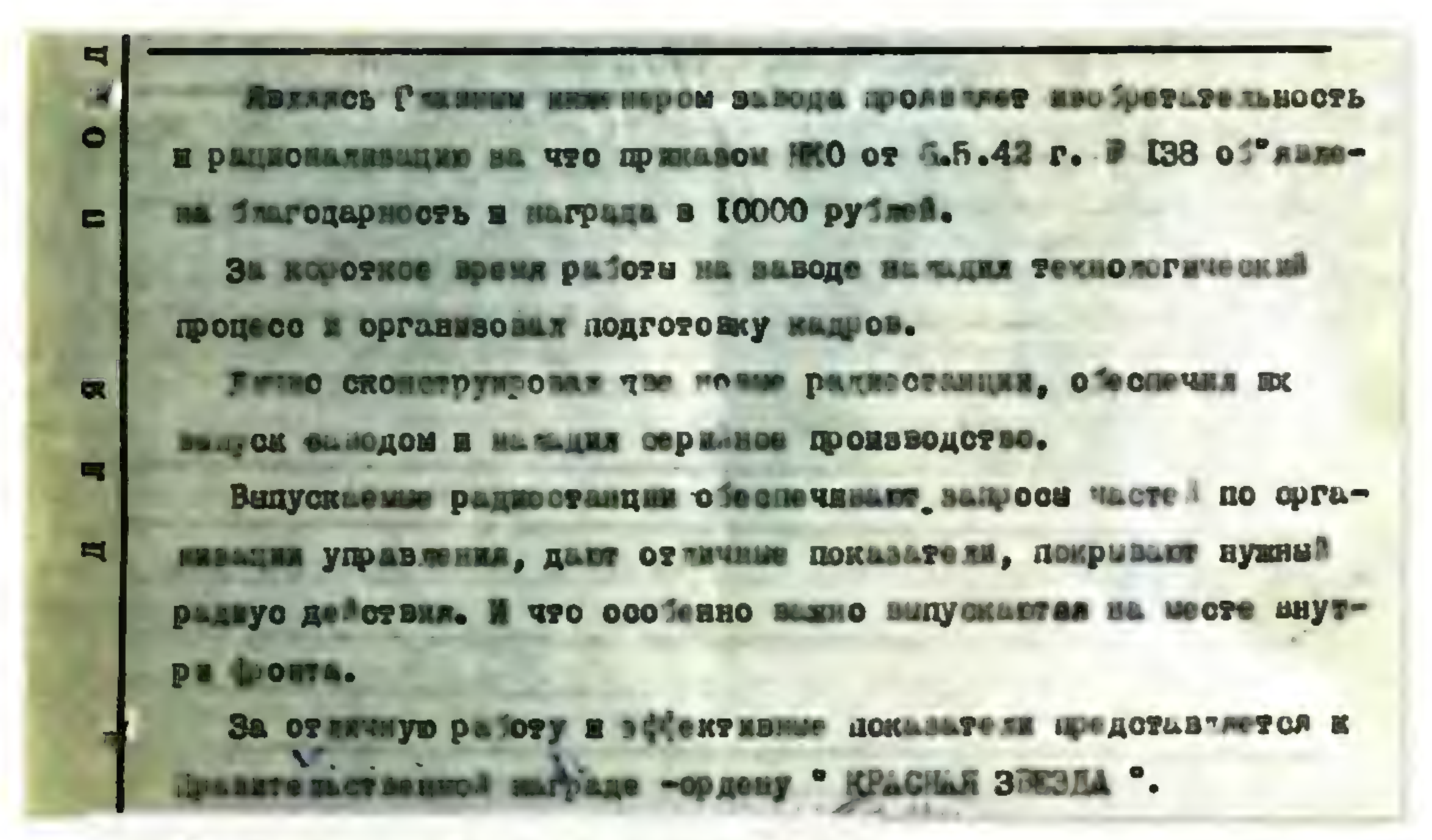


Схема радиостанции РБС первого выпуска.



Являясь Главным инженером завода проявляет изобретательность и рационализацию на что приказом НКО от 5.5.42 г. № 138 объявлена благодарность и награда в 10000 рублей.

За короткое время работы на заводе наладил технологический процесс и организовал подготовку кадров.

Лично сконструировал две новые радиостанции, обеспечил их выпуск заводом и наладил серийное производство.

Выпускаемые радиостанции обеспечивают запросы частей по организации управления, дают отличные показатели, покрывают нужный радиус действия. И что особенно важно выпускаются на месте внутри фронта.

За отличную работу и эффективные показатели представляется к Правительственной награде – ордену " КРАСНАЯ ЗВЕЗДА ".

Из наградного листа В. И. Немцова.

Особенностями ленинградских радиостанций были изменённая передняя панель с открытой шкалой, защищённой прозрачным пластиком, и несколько меньшие габариты и масса. Транспортировка радиостанций осуществлялась в специальной брезентовой сумке [17].

В 1941 г. мастерскими Московской дирекции радиосвязи (Народный комиссариат связи) было выпущено некоторое число радиостанций, подобных 4-Р, называемых "РБС типа НКС". Эта радиостанция имела другой тип модуляторной лампы, фильтр для подавления шума сверхрегенератора, изменённый переключатель приём—передача, объединённый с выключателем питания, и отсутствие дополнительной упаковки питания. В остальном станция была аналогична РБС [17].

Зимой 1941 г. В. И. Немцов в звании инженер-капитана командируется в Азербайджан, в город Баку, где он, как представитель ГКО, должен был фактически с нуля организовать производство УКВ-радиостанций для нужд Закавказского фронта. Здесь сложилась тяжелейшая ситуация с обеспечением войск радиостанциями низового звена (в отдельных случаях некомплект составлял более 50 % от штатного) [18]. Для организации завода требовалось подобрать помещение, что в тогдашних условиях военного положения было непросто. Выбор Владимира Ивановича пал на Ашумовскую мечеть (ныне Мечеть Имама Хусейна) в "верхнем" городе. После некоторой реконструкции там было организовано производство, параллельно происходил набор и обучение радиомонтажников, в основном молодёжи непризывного возраста. Так возникло первое предприятие радиопромышленности Азербайджана, получившее название завода № 1 Наркомместпрома Азербайджанской ССР, прародителя Бакинского радиозавода. Владимир Иванович занял пост главного инженера, хотя в новых условиях сфера его деятельности расширилась и захватила, по его собственному признанию, неожиданные для него области — организатора и руководителя.

Вот как он сам комментирует эту ситуацию: "Я числился в штате московского научно-испытательного институ-

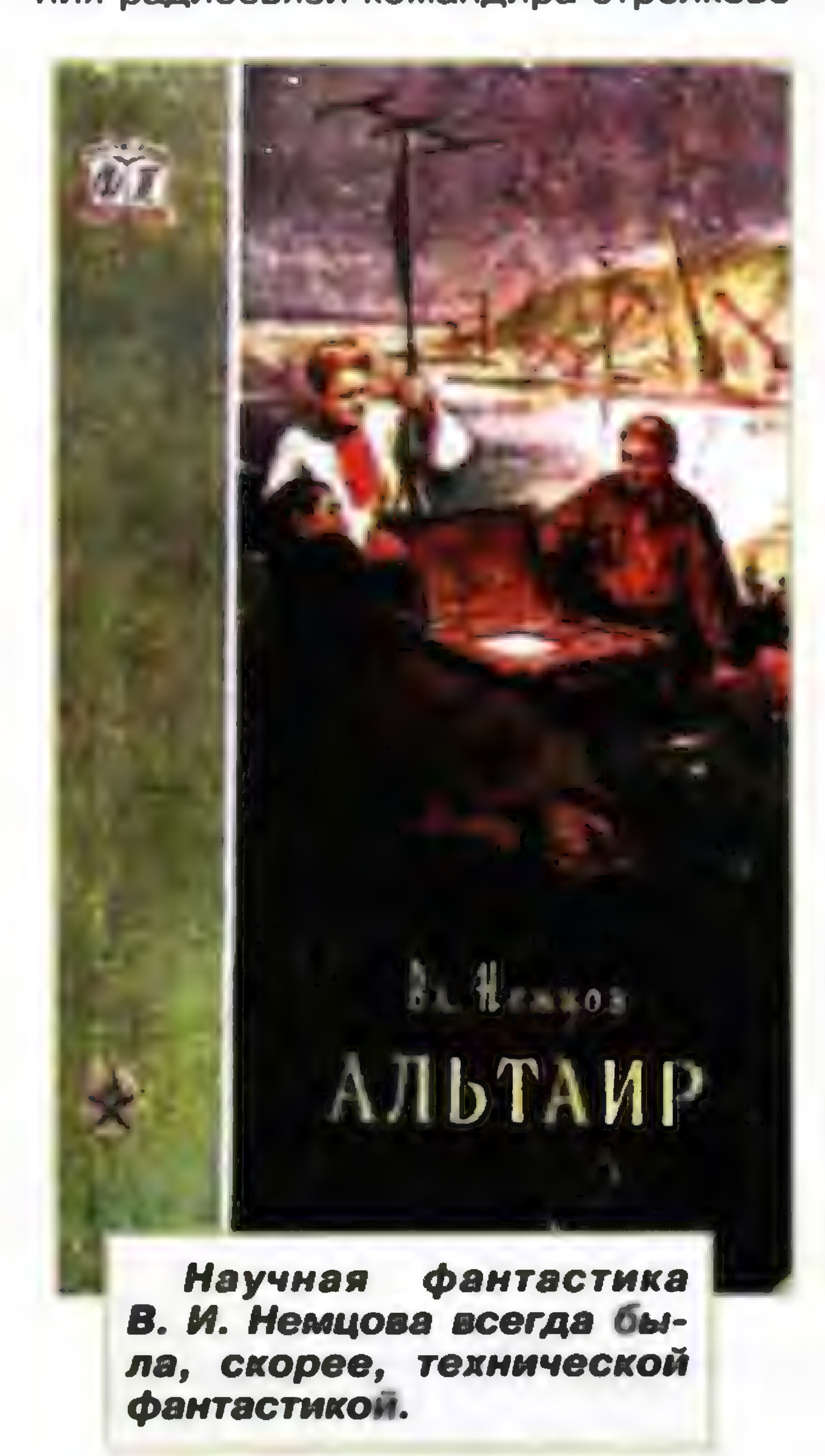
та и был военнослужащим, но по согласованию с заинтересованными организациями меня назначили на должность главного инженера радиозавода, подчинённого местной промышленности. Время военное, а потому я и оказался в двойном подчинении. Не хватало квалифицированных кадров, а кроме того, кому же, как не самому конструктору радиостанции, руководить её серийным выпуском? Да, это не Ленинград, где в большом налаженном коллективе я отвечал лишь за технику, свободный от каких-либо административных обязанностей. Здесь же, помимо обязанностей главного инженера, пришлось быть и главным конструктором, что вполне естественно, и главным технологом, так как никто в технологии радиопроизводства ничего не понимал" [7].

Радиостанция, выпускаемая этим заводом, получила название РБС-2 "Аракс" и сильно отличалась от 4-Р, так как была выполнена в деревянном ящике и имела две панели управления: верхнюю, на которой происходила установка рабочей частоты (волны), и боковую с дополнительными регулировками (реостат накала, подстройка приёмника). Схема была упрощена, вместо четырёх ламп использовались три. Несколько усовершенствованный вариант этой радиостанции выпускался в аналогичном исполнении, но с дополнительной ручкой настройки антенны. Кроме того, у этого варианта, получившего название РБС-3 ("Аракс-2"), рабочий диапазон волн — от 226 до 286 (30 рабочих частот), что исключало её совместимость с любыми другими аналогичными радиостанциями. По этой причине РБС-3 могла работать только с такими же радиостанциями [17].

За создание новых образцов вооружения и изобретательскую работу приказом Наркома обороны в 1942 г. В. И. Немцову была объявлена благодарность. Он вторично представляется к ордену Красной Звезды и в феврале 1943 г. получает заслуженную награду [21].

После организации выпуска продукции на радиозаводе в Баку в 1943 г. В. И. Немцов отзывается обратно в Москву в НИИС КА, где продолжает работы над совершенствованием стоящей на вооружении техники. В апреле 1944 г. он командируется на 4-й Украинский фронт, начавший бои за освобождение Крыма. В это время последовали множественные рекламации на недавно поставленную на вооружение радиостанцию А-7. Так, радиостанции А-7 завода № 616 имели ряд производственных дефектов (отказ радиостанции на несколько минут из-за сотрясения при выстреле, малая дальность связи). Работая совместно с Г. Т. Шитиковым и В. П. Ермаковым, ему удаётся найти пути устранения указанных недостатков [10], а в конце 1944 г. эта работа отмечается медалью "За оборону Кавказа".

Окончилась война. Уволившись в запас, Владимир Иванович переходит на литературную работу и становится писателем. Увлечение научной фантастикой повлияло на дальнейший жизненный путь В. И. Немцова. От конструкторской деятельности он отошёл, хотя его идея о простых, дешёвых и надёжных УКВ-радиостанциях воплощена и в первых послевоенных образцах. В 1946 г. была разработана радиостанция Р-106, также унаследовавшая название РБС и предназначенная для обеспечения радиосвязи командира стрелкового батальона с командирами рот, а в 1950 г. появилась компактная и лёгкая Р-116 для обеспечения радиосвязи в звене рота-взвод [18].



Научная фантастика В. И. Немцова всегда была, скорее, технической фантастикой.

В 1946 г. приказом Министерства обороны СССР за заслуги в деле развития радиотехники он награждается значком "Почётный радист СССР" [22].

В. И. Немцов известен читателям по многим научно-фантастическим рассказам. Его произведения переведены на иностранные языки. Будучи членом Союза писателей СССР, он занимал ряд руководящих должностей в творческих и общественных организациях. За заслуги в развитии советской литературы и в связи с 50-летием был награждён орденом Трудового Красного Знамени.

Как бы подводя итог всего сказанного, хочется привести слова Владимира Ивановича Немцова: "Так получилось, что наши маленькие радиостанции начали свою работу чуть ли не с самых первых дней Великой Отечественной войны. Они были ещё далеко не совершенны и доставляли огорчения не только конструктору и заводскому коллективу, но, самое главное, радистам, тем, кто впервые столкнулся с техникой ультракоротких волн... Дело это было новое и малоизученное".

Автор выражает благодарность за предоставленные материалы В. Б. Громову (RA3CC) и Ю. Б. Румянцеву (UA9OF).

ЛИТЕРАТУРА

1. Перечень моделей УКВ ЧМ радиостанций семейства А-7. — URL: **http://rkk-museum.ru/documents/press/images/Class_A7_all.pdf** (26.11.15).

2. **Немцов В.** Радиостанция в чемодане. Библиотека журнала "Знание-сила", изд. 2-е. — М.: Молодая гвардия, 1931.

3. Ультракороткие волны в сельском хозяйстве. Под ред. проф. М. Г. Евреинова. — Материалы Совещания по УКВ 25-26. XI. 1934 г.

4. Биологическое действие ультракоротких волн. Сборник статей под ред. проф. П. С. Купалова и доц. Г. Л. Френкеля. НКЗ — СССР. 1935 г.

5. **Немцов В. И.** Перспективы развития ультракоротких волн. — Радиофронт, 1933, № 8, с. 42, 43.

6. Любительский УКВ-передатчик. Приёмник для УКВ. — Радиофронт, 1935, № 8, с. 23—31.

7. **Немцов В. И.** Параллели сходятся. — М.: Молодая гвардия, 1975, 448 с.

8. **Немцов В. И.** Портативный передатчик и приемник метровых волн. — М.: Радиоиздат, 1937.

9. **Немцов В. И.** Весёлое радио. Занимательная радиотехника. — Л.: Детиздат, 1939.

10. Как это было... Воспоминания ветеранов института. Под ред. Е. В. Львова. — Мытищи, 16 ЦНИИИ МО РФ, 2009, 242 с.

11. Институт военной связи. Годы Великой Отечественной войны. Военно-исторический труд. Под ред. Г. И. Азарова. — Мытищи, 2005, 168 с.

12. Краткий справочник по военным радиостанциям. Для начальника связи полка. Военная электротехническая академия связи им. С. М. Будённого. — Л., 1941.

13. "Зимняя война": работа над ошибками (апрель—май 1940 г.). Материалы комиссий Главного военного совета Красной Армии по обобщению опыта финской кампании. — М., СПб.:, Летний сад, 2004, 560 с.

14. Институт военной связи. История и современность. Научно-исторический труд. Под ред. Г. И. Азарова. — М.: УИТО "Сервис" АО "МГТС", 1998, 200 с.

15. D 50/13. Kennblatter fremden Gerats. — URL: **http://rkk-museum.ru/documents/archives/images/D50_13-1943_2.djvu** (26.11.15).

16. План заказов НКО, НКВМФ и НКВД на 1940 год. — URL: **http://rkk-museum.ru/documents/archives/images/4-40-01.pdf** (26.11.15).

17. Радиостанция РБС и её эксплоатация. Военное издательство народного комиссариата обороны. — М., 1943.

18. **Хохлов В. С.** От шахтёра до наркома и маршала. — М.: ООО РИА "ВивидАрт", 2010, 1072 с.

19. Новосибирский арсенал 1941—1945 гг. Под ред. Н. К. Герасимовой, Н. А. Санцевич. — Новосибирское книжное изд-во, 2005, 400 с.

20. **Алексеев Т. В.** Индустрия средств связи Петербурга-Ленинграда для армии и флота в эпоху потрясений и модернизации. 1900—1945 годы. Монография. СПбГПу. — СПб., 2010, 643 с.

21. Приказ (указ) о награждении и сопроводительные документы к нему. — URL: **http://podvignaroda.mil.ru/?#id=11710871&tab=navDetailManAward** (26.11.15).

22. Почётные радисты. — Радио, 1946, № 2, с. 5.

Усилитель приёмной антенны

Игорь ГОНЧАРЕНКО (DL2KQ), г. Бонн, Германия

Как известно, для приёмных рамочных антенн ("флагов") желательно применять антенный усилитель. При его изготовлении с уровнем шума и усилением проблем нет. Это сделать легко. Но такие антенны требуют от усилителя очень высокого коэффициента ослабления синфазной составляющей (КОСС или, по-английски, CMRR — от Common-Mode Rejection Ratio). Иначе такие помехи могут полностью "испортить" параметры антенны, что часто на практике и случается и служит основанием для мнения — работают такие антенны "так себе".

Проще всего достичь цели, сделав усилитель дифференциальным с большим КОСС. Причём нужен именно такой усилитель. Применение симметрирующего трансформатора с несимметричным усилителем хорошего результата не даст. Даже у лучших таких трансформаторов (речь идёт о высокоомных трансформаторах) коэффициент подавления синфазной составляющей на частотах 1,8 и 3,5 МГц (а приёмные антенны нужны в основном на любительских НЧ-диапазонах) редко превышает 40 дБ. А этого мало — в реальных условиях, по мнению автора, требуется минимум 50...60 дБ ослабления синфазной составляющей.

Такое подавление могут обеспечить дифференциальные усилители. Проще всего их собрать на интегральных микросхемах. Идея сделать дифференциальный усилитель на дискретных элементах разбивается о практическую невозможность подобрать компоненты с точностью 0,1...0,3 %.

Обычное выполнение дифференциального каскада на операционном усилителе такое подавление даёт, но имеет недостаток, что входные импедансы его входов получаются разными. От этого антенна теряет симметрию.

Решением, полностью устраивающим, является применение специализированного дифференциального усилителя AD8129. На частотах ниже 4 МГц он имеет КОСС 80(!) дБ, кроме того, у этой микросхемы два дифференциальных входа с равным и очень высоким (более 4 МОм) импедансом. Отдельным плюсом является то, что дифференциальные входы не используются для установки усиления, т. е. их не надо нагружать чем-либо дополнительно.

Принципиальная схема усилителя показана на **рис. 1**. При использовании усилителя с рамочной антенной не устанавливают варикапы VD1—VD4 и элементы цепи управления ими (R1, C1, R5, C9), а при использовании ферритовой магнитной антенны не устанавливают резистор R2.

Коэффициент усиления по напряжению (в данном случае он примерно равен 30) задаётся отношением сопротивления резисторов R7/R6. Эти резисторы никак не влияют на входной импеданс по рабочим входам (выводы 1 и 8 микросхемы DA1).

Для этой микросхемы необходим двухполярный источник питания. Обратите внимание, что в устройстве две разные "земли", и они не соединены напрямую между собой. Одна из них — это общий провод усилителя, а другая — оплётка коаксиального кабеля, соединяющего усилитель с приёмником (трансивером). Цепи L1C2C4 и L2C3C5 дополнительно фильтруют питание. Напряжение в средней точке ("землю усилителя") задаёт стабилизатор DA2. Питание на усилитель поступает по коаксиальному кабелю. Для дополнительной защиты от "грязи", которая может наводиться на оплётку кабеля, установлен развязывающий трансформатор T2. Он намотан в два провода на ферритовом НЧ-магнитопроводе так, чтобы индуктивность его обмоток была не меньше 1 мГн.

Выход усилителя через резистор R8 подключён к разделительному ВЧ-трансформатору T1, с малой межвитковой ёмкостью и отношением чисел витков обмоток 1:1. Этот трансформатор нужен для развязки по синфазному сигналу между общим проводом усилителя и оплёткой коаксиального кабеля. Резистор R8 задаёт выходное сопротивление усилителя (у самой микросхемы DA1 выходное сопротивление низкое).

Диоды VD7 и VD8 (любые кремниевые высокочастотные) защищают входные цепи приёмника. Дело в том, что микросхема DA1 может выдать выходной сигнал амплитудой до 5 В, что не для всех приёмников приемлемо. Конденсатор C7 — разделительный.

Элементы L3, C10 разделяют в "шеке" питание усилителя и вход приёмника.

Как уже упоминалось, выводы 1 и 8 микросхемы DA1 — это высокоомные дифференциальные входы. С ними надо решить три проблемы.

Во-первых, "привязать" их по постоянному току к общему проводу усилителя. Это делают резисторы R3, R4. Их сопротивление не очень важно (кроме как в случае работы с ферритовой магнитной антенной, см. ниже) — от 100 кОм до 1 МОм, но очень важна их идентичность. Эти резисторы надо подобрать с помощью цифрового мультиметра с отличием не более 0,1 % (лучше ещё меньше). Иначе они "перекосят" вход усилителя с соответствующим снижением КОСС.

Во-вторых, необходимо защитить входы при работе передатчика. Пара ВЧ-диодов VD5, VD6 с этим справляется.

В-третьих, подключить антенну и нужные ей элементы. Это зависит от того, какая антенна будет использоваться.

Если это рамка, например "флаг", она подключается прямо к входам. Дополнительно устанавливают резистор R2 с сопротивлением, равным выходному сопротивлению рамки (обычно несколько сотен ом).

Если это ферритовая магнитная антенна, R2 не нужен, но устанавливают варикапы перестройки VD1—VD4 и цепь управления ими из "шека" (R1R5C1C9). Кроме того, при работе с ферритовой магнитной антенной (МА) надо подумать над сопротивлением резисторов R3 и R4. Они определяют добротность контура антенны (конечно, помимо добротности самой катушки антенны). В зависимости от индуктивности, добротности МА и желаемой полосы пропуска-

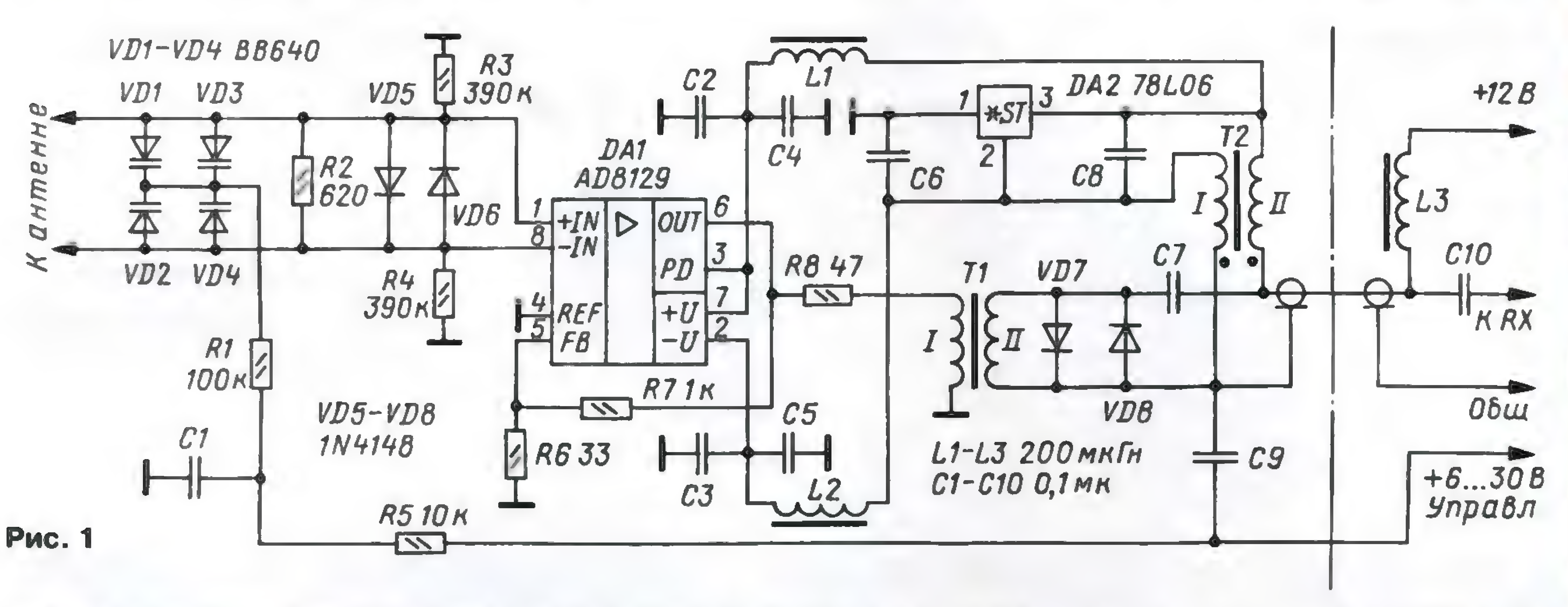


Рис. 1

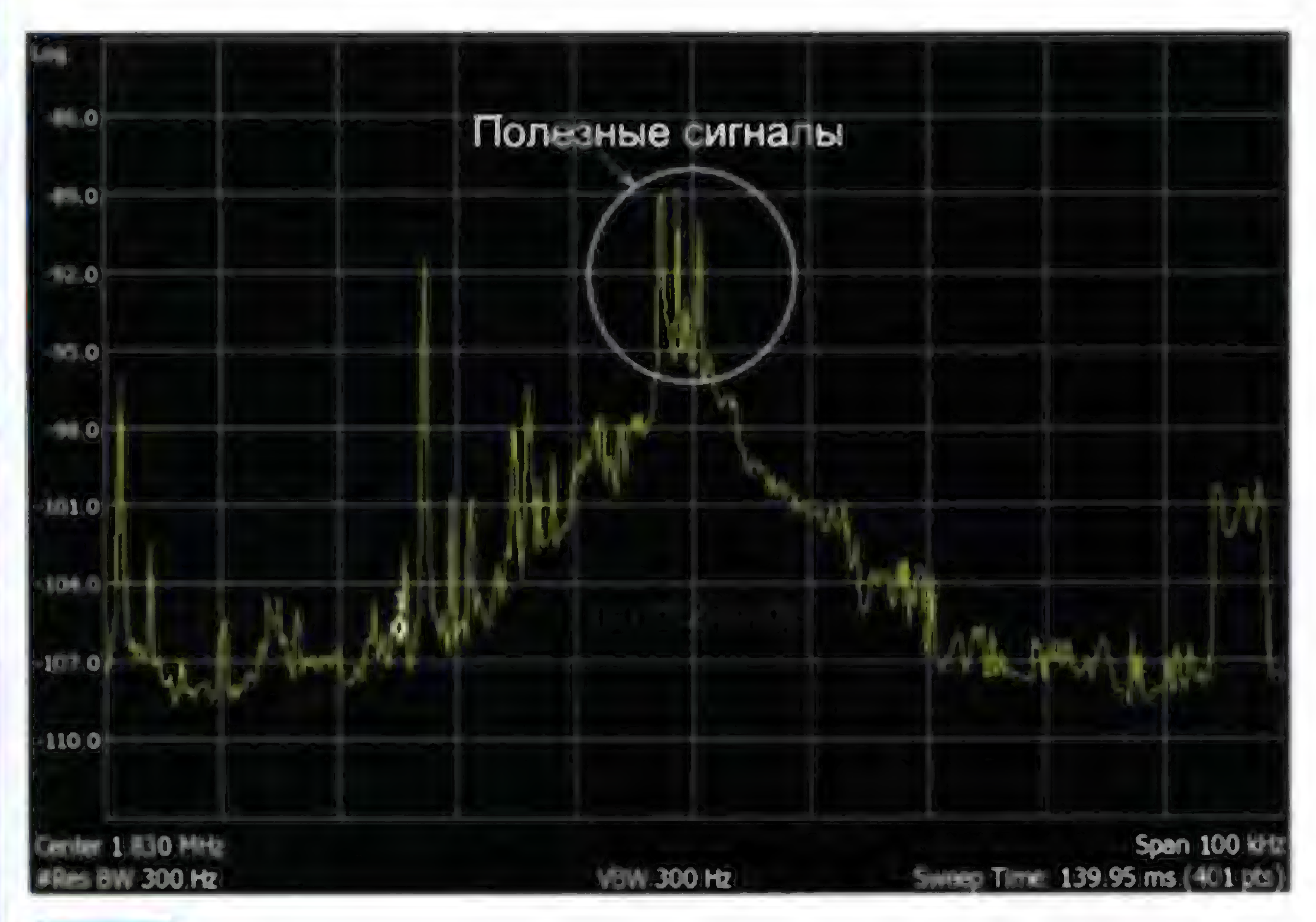


Рис. 2

ния (без перестройки) следует выбрать номиналы резисторов R3, R4.

На **рис. 2** показан спектр в полосе 100 кГц на выходе описываемого усилителя при сопротивлении этих резисторов 390 кОм и подключённой ферритовой магнитной антенной, намотанной на стержне диаметром 8 мм и длиной 100 мм с магнитной проницаемостью 400. Приём происходит на диапазоне 160 метров. Антенна находится внутри помещения, поэтому, кроме полезных сигналов, видно ещё и множество помех.

На выходе уровень эфирного шума на частоте резонанса МА — −93 дБм (вертикальная шкала на рисунке — в дБм), т. е. 5 мкВ, что примерно соответствует уровню шума полноразмерной антенны. Если надо изменить усиление, это выполняют подбором резисторов R7/R6. Микросхема AD8129 может обеспечить на низкочастотных КВ-диапазонах усиление до 100 раз.

Применение усилителя позволяет разместить антенну вдали от местных источников помех и тем самым улучшить качество приёма.

Фотографии 90 лет!

На заре становления отечественного радиолюбительского движения индивидуальные занятия радио по разным причинам были весьма и весьма непростыми. Дело это было новое. Здесь, например, и проблемы с радиодеталями (малый их выбор, качество и цена), и информационный "голод" (малое число радиотехнических изданий). Вот почему радиолюбители в первую очередь группировались в радиокружки при профсоюзных клубах.

Когда в середине 1924 г. вышел "Закон о свободе эфира", в стране возникло первое радиолюбительское объединение — Общество радиолюбителей РСФСР. Расширяется и выпуск радиотехнической литературы. В декабре того же года оно преобразуется в Общество друзей радио РСФСР.

На местах начинают возникать ячейки ОДР. К концу 1925 г. такие объединения радиолюбителей появились уже в 43 автономных республиках, областях и губерниях страны, и на первое место вышел вопрос о создании всесоюзного Общества друзей радио. Это произошло в марте 1926 г.

Накануне первого всесоюзного съезда проходили областные (губернские и т. д.) съезды. На публикуемой фотографии, которую нам прислал Михаил Партала из Санкт-Петербурга, запечатлены участники первого Воронежского областного съезда ОДР РСФСР.



"Дачная" КВ-антенна

Валерий ПАХОМОВ (UA3AO), г. Москва

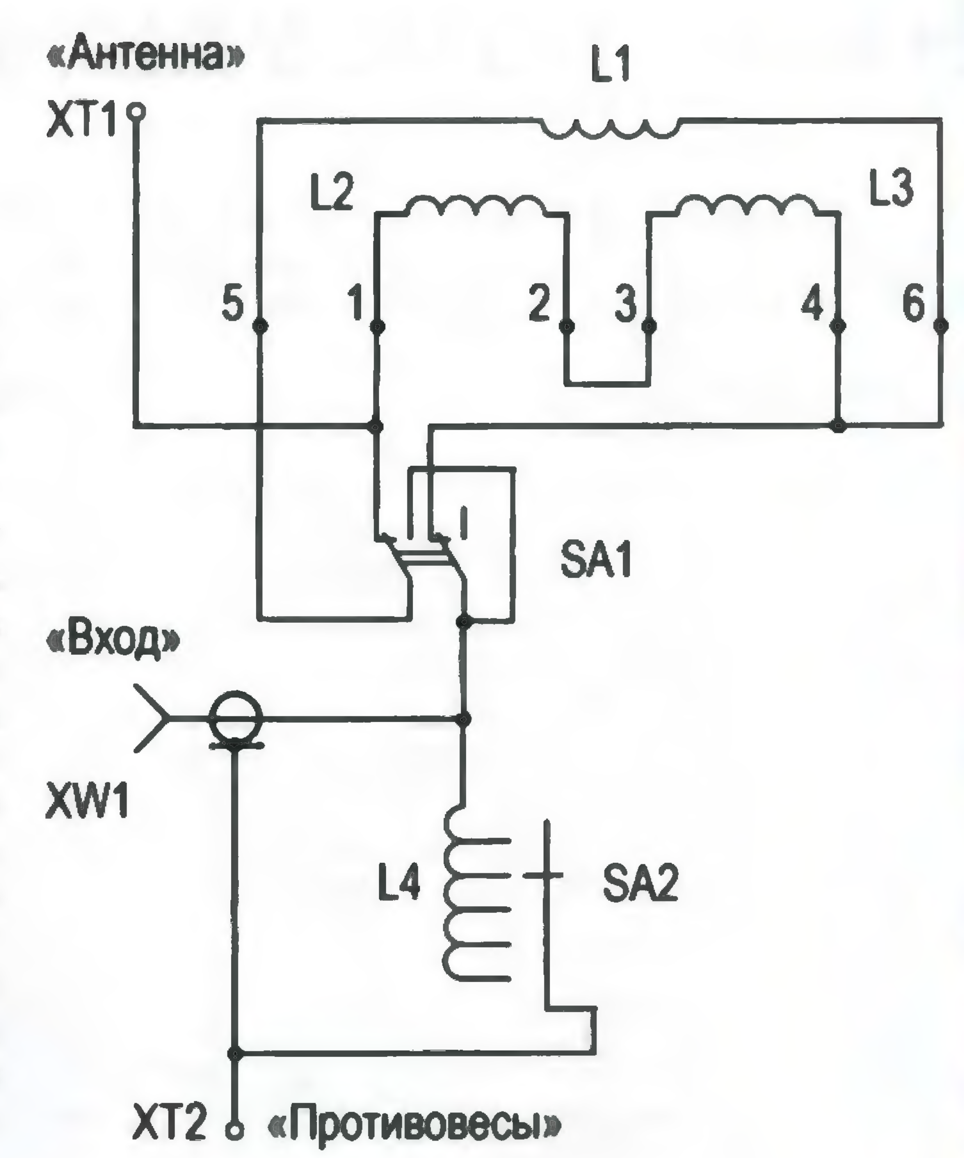
В последнее время появилось немало описаний простых антенн, которые предназначены для использования в нестационарных условиях, например, в походах, на радиолюбительских слётах или при выездах на дачу.

Для работы с дачи я применяю антенну с очень простым самодельным согласующим устройством (см. **рисунок**). Излучатель антенны — трубка длиной 4 м. В согласующем устройстве есть две катушки переменной индуктивности. Одна из них ("Настройка") — это вариометр L1—L3, а другая ("Связь") — L4 с переключаемой индуктивностью. Здесь использован ваиометр драйвера радиостанции Р-140, индуктивность которого в стандартном последовательном включении обмоток ротора и статора изменяется в пределах 4...27 мкГн. Для расширения пределов регулировки в сторону меньших значений индуктивности в согласующее устройство введён переключатель SA1, который позволяет включить эти обмотки параллельно.

Катушка связи L4 содержит шесть витков провода диаметром 2 мм на каркасе диаметром 30 мм. Отводы сделаны от каждого витка. Здесь, если имеется такая возможность, лучше применить небольшой вариометр — это позволит более точно устанавливать оптимальную связь с антенной.

В положении переключателя SA1, показанном на рисунке, антенну согласуют на диапазонах 10—28 МГц, а во втором его положении — на диапазоне 7 МГц.

Антенну устанавливаю на высоте примерно 2 м от земли. Противовесы — по два четвертьволновых провода в изоляции для каждого диапазона.



ВОЗВРАЩАЯСЬ К НАПЕЧАТАННОМУ

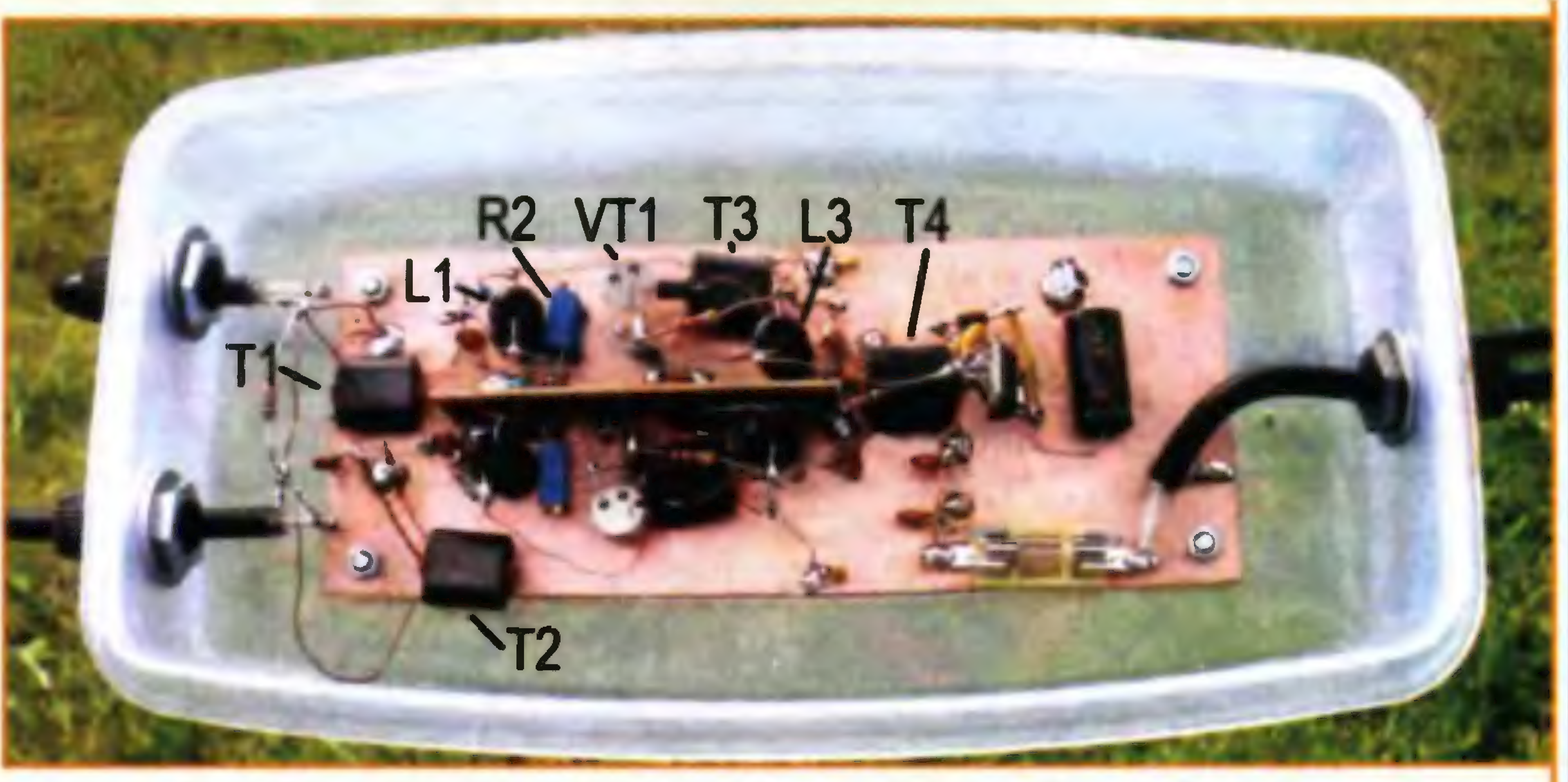
Двойная рамка DK6ED

Описание этой сравнительно небольшой по размерам вращающейся антенны для любительского диапазона 160 метров, опубликованное в прошлом году в ноябрьском номере журнала, заинтересовало наших читателей. По их просьбам публикуем некоторые дополнения к этой статье.

Основной вопрос — печатная плата для антенного усилителя. Автор не изготавливал печатную плату, а собрал свой усилитель методом навесного монтажа. Этот метод заметно сокращает время на изготовление несложного устройства, если речь идёт о единичном экземпляре, который предназначен для эксплуатации в стационарных условиях (в частности, отсутствуют механические воздействия на него — тряска и т. п.).

Его усилитель распаян на прямоугольном куске одностороннего фольгированного стеклотекстолита и помещён в бытовую пластиковую коробку (см. **фото**). Общий провод устройства — фольга, а крупные элементы, не требующие соединения с ним, фиксируют на фольге с помощью клея. Этот метод монтажа затрудняет, конечно, какие-либо модификации устройства. Но, во-первых, оно простое и вряд ли потребует модификации в процессе эксплуатации. А во-вторых, фиксацию элементов на фольге можно провести уже после проверки усилителя.

Поскольку связь между каналами усилителя должна быть минимизирована, между ними запаян экран — полоска фольгированного стеклотекстолита.



Детали, расположенные на плате правее трансформатора T4 на рис. 3, в статье не показаны. Они относятся к стабилизатору напряжения питания усилителя. Он собран на микросхеме 7809 по типовому варианту её включения. Поскольку усилитель удалён от приёмника (находится на антенне), напряжение питания подают на него по центральному проводнику выходного коаксиального кабеля (с элементами, развязывающими сигнальные цепи и цепи питания). При этом нижний по схеме рис. 3 в статье вывод трансформатора T4 надо подключить к общему проводнику усилителя через развязывающий конденсатор ёмкостью 0,1 мкФ.

Транзистору 2N3053 аналогичен отечественный транзистор КТ630Д. Здесь также можно применить транзистор КТ608Б.

НАША КОНСУЛЬТАЦИЯ

ГАЛАШЕВСКИЙ П. Устройство плавного пуска асинхронного двигателя. — Радио, 2013, № 10, с. 41, 42.

Печатная плата.

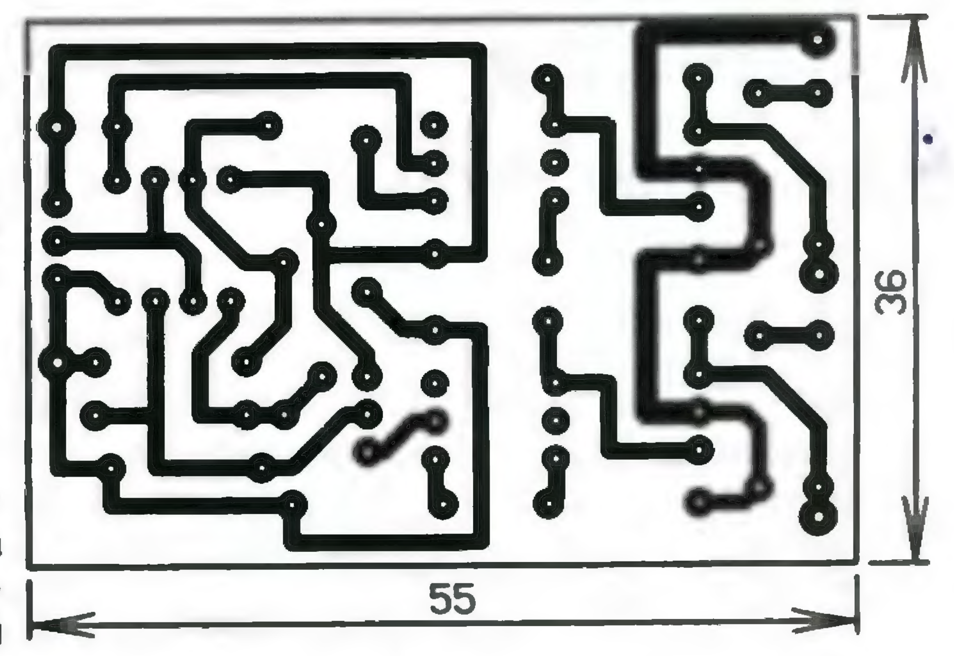
Чертёж печатной платы и расположение элементов показаны на **рис. 1**. Конденсаторы C7, C8 — плёночные К73-17 или импортные на номинальное напряжение не менее 63 В. Динисторы VS3, VS4 — DB3. Подстроечные резисторы R1, R7, R9 — СП3-38Б или подобные. Для охлаждения симисторов VS1, VS2 на плате предусмотрены места под установку теплоотводов, например, П-образной формы.

***От редакции**. Чертёж печатной платы в формате Sprint LayOut 5.0 имеется по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2016/01/pusk_ad.zip** на нашем ftp-сервере.*

КОРНЕВ А. Автомат поддержания заданной температуры в теплице. — Радио, 2013, № 8, с. 41, 42.

Печатная плата.

Чертёж печатной платы и расположение элементов показаны на **рис. 2**. Она предназначена под установку датчика температуры LM35 и компаратора LM393N (рис. 4 в статье). Конденсаторы C4, C5 — К73-17 или импортные на номинальное напряжение 630 В по постоянному току или 250 В — по переменному. Стабилизатор напряжения +5 В на микросхеме DA2, а также элементы C1, C3 и FU1 на плате не установлены. Устройство можно питать от любого стабилизированного источника постоянного напряжения 5 В и током нагрузки не менее 0,1 А.



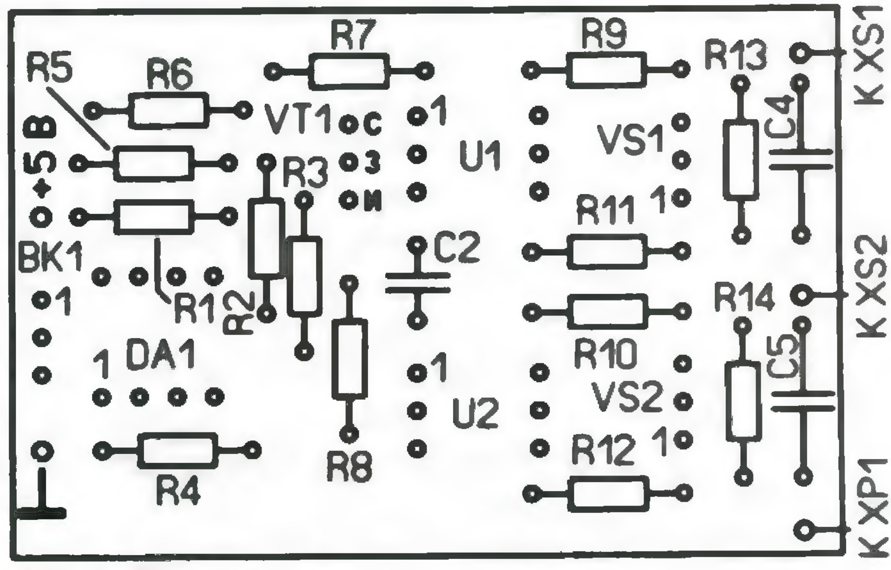
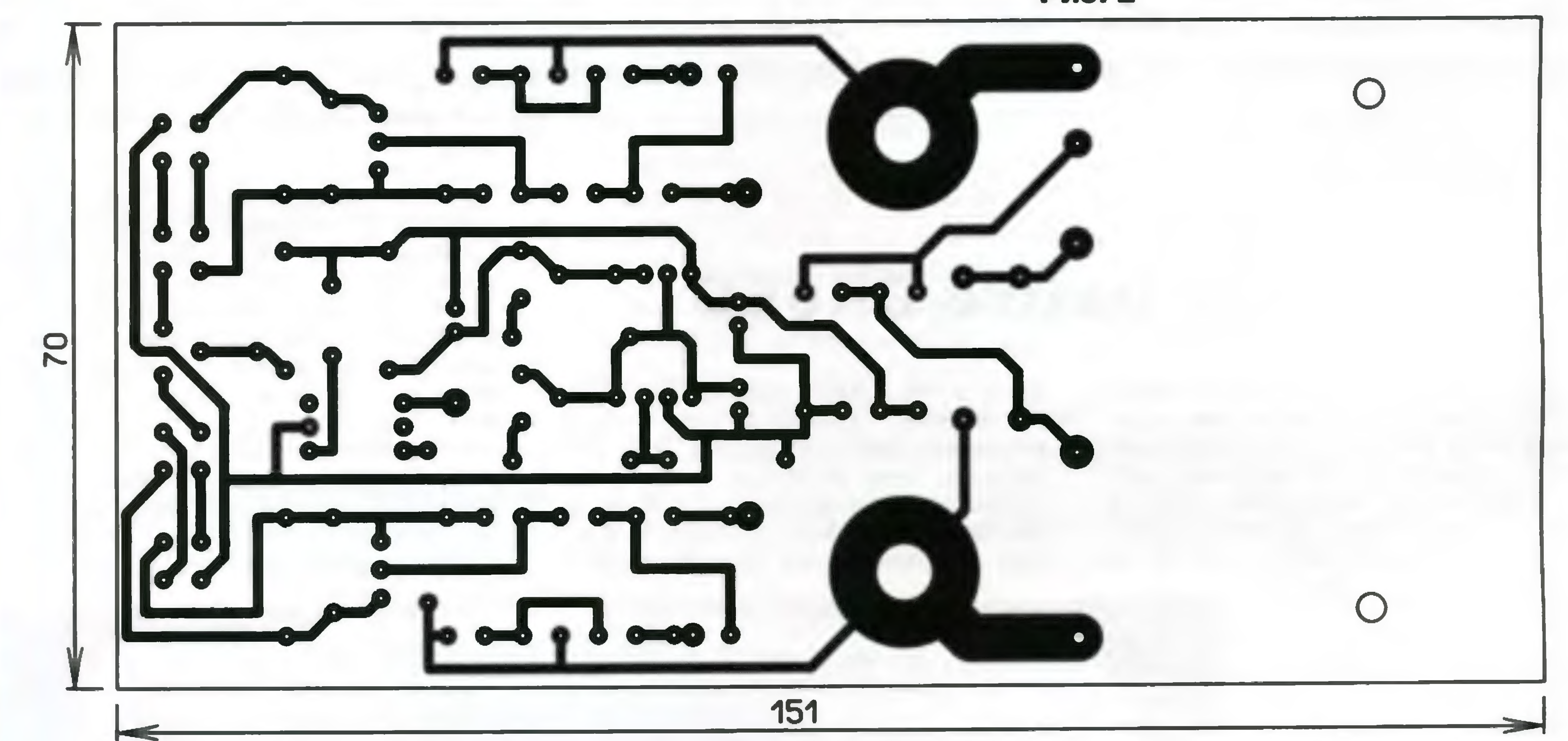


Рис. 2



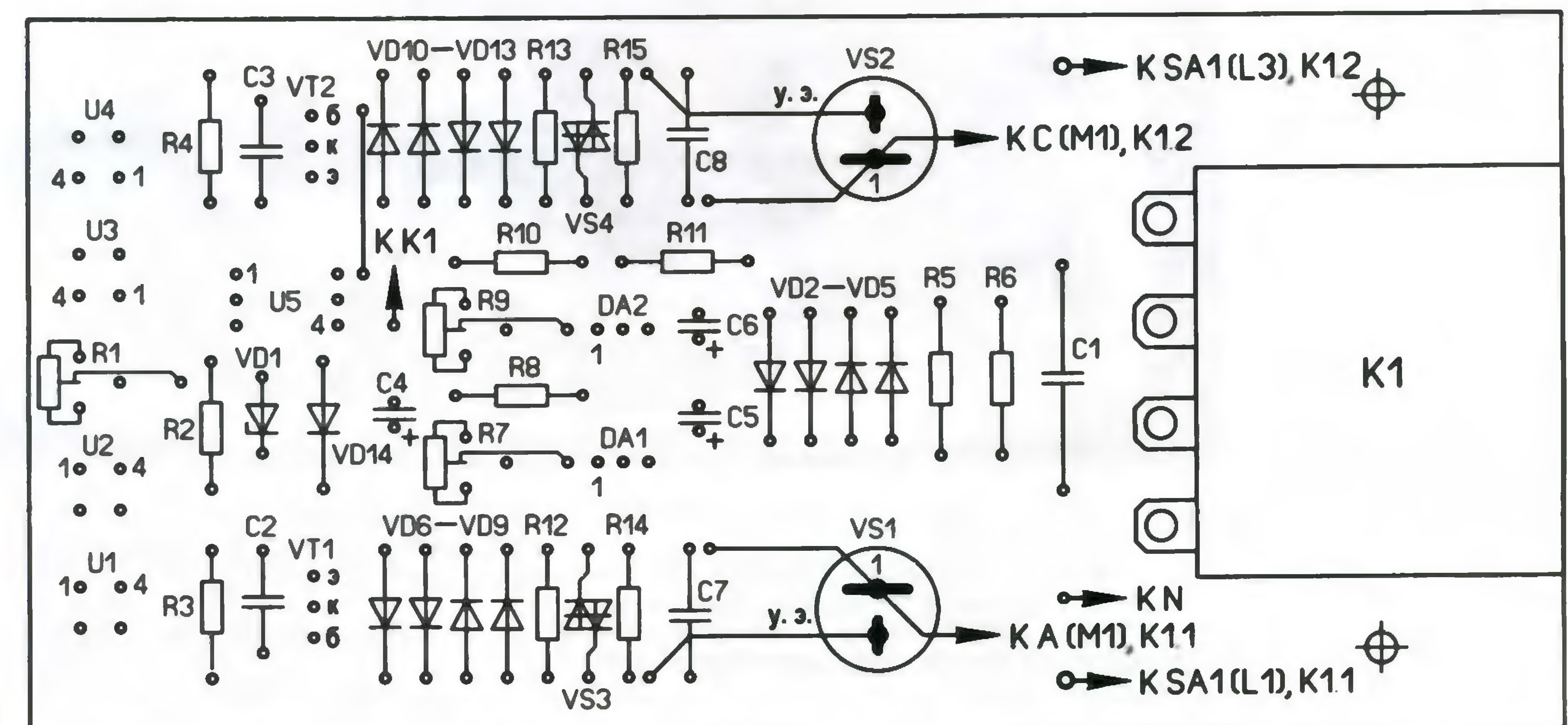


Рис. 1

РАДИО 2016

ЯНВАРЬ

пн		4	11	18	25
вт		5	12	19	26
ср		6	13	20	27
чт		7	14	21	28
пт	1	8	15	22	29
сб	2	9	16	23	30
вс	3	10	17	24	31

ФЕВРАЛЬ

пн	1	8	15	22	29
вт	2	9	16	23	
ср	3	10	17	24	
чт	4	11	18	25	
пт	5	12	19	26	
сб	6	13	20	27	
вс	7	14	21	28	

МАРТ

пн		7	14	21	28
вт	1	8	15	22	29
ср	2	9	16	23	30
чт	3	10	17	24	31
пт	4	11	18	25	
сб	5	12	19	26	
вс	6	13	20	27	

АПРЕЛЬ

пн		4	11	18	25
вт		5	12	19	26
ср		6	13	20	27
чт		7	14	21	28
пт	1	8	15	22	29
сб	2	9	16	23	30
вс	3	10	17	24	

МАЙ

пн		2	9	16	23	30
вт		3	10	17	24	31
ср		4	11	18	25	
чт		5	12	19	26	
пт		6	13	20	27	
сб		7	14	21	28	
вс	1	8	15	22	29	

ИЮНЬ

пн		6	13	20	27
вт		7	14	21	28
ср	1	8	15	22	29
чт	2	9	16	23	30
пт	3	10	17	24	
сб	4	11	18	25	
вс	5	12	19	26	

ИЮЛЬ

пн		4	11	18	25
вт		5	12	19	26
ср		6	13	20	27
чт		7	14	21	28
пт	1	8	15	22	29
сб	2	9	16	23	30
вс	3	10	17	24	31

АВГУСТ

пн	1	8	15	22	29
вт	2	9	16	23	30
ср	3	10	17	24	31
чт	4	11	18	25	
пт	5	12	19	26	
сб	6	13	20	27	
вс	7	14	21	28	

СЕНТЯБРЬ

пн		5	12	19	26
вт		6	13	20	27
ср		7	14	21	28
чт	1	8	15	22	29
пт	2	9	16	23	30
сб	3	10	17	24	
вс	4	11	18	25	

ОКТЯБРЬ

пн		3	10	17	24	31
вт		4	11	18	25	
ср		5	12	19	26	
чт		6	13	20	27	
пт		7	14	21	28	
сб	1	8	15	22	29	
вс	2	9	16	23	30	

НОЯБРЬ

пн		7	14	21	28
вт	1	8	15	22	29
ср	2	9	16	23	30
чт	3	10	17	24	
пт	4	11	18	25	
сб	5	12	19	26	
вс	6	13	20	27	

ДЕКАБРЬ

пн		5	12	19	26
вт		6	13	20	27
ср		7	14	21	28
чт	1	8	15	22	29
пт	2	9	16	23	30
сб	3	10	17	24	31
вс	4	11	18	25	

(495) 607-31-18, ref@radio.ru